

**Universidad de Pinar del Río
"Hermanos Saíz Montes de Oca"
Facultad de Forestal y Agronomía
Departamento Forestal**

**Bases para la rehabilitación ambiental y paisajística
de los pasivos ambientales mineros en el distrito de
Hualgayoc, Cajamarca, Perú**

Deicy Noemí Sánchez Espinoza

**Pinar del Río, 2010
"Año 52 de la Revolución"**



**Universidad de Pinar del Río
"Hermanos Saiz Montes de Oca"
Facultad de Forestal y Agronomía
Departamento Forestal**

**Bases para la rehabilitación ambiental y paisajística de los
pasivos ambientales mineros en el distrito de Hualgayoc,
Cajamarca, Perú.**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE
MÁSTER EN CIENCIAS FORESTALES
Mención Aprovechamiento Forestal**

**Autora:
Ing. Deicy Noemí Sánchez Espinoza**

**Tutor:
Dr. C. Yudel García Quintana**

**Pinar del Río, 2010 "Año
52 de la Revolución"**

“Cuando hayas cortado el último árbol, contaminado el último río y pescado el último pez, te darás cuenta de que el dinero no se puede comer...”

José Martí.

“A mi padre por su amor y su ejemplo, por su lucha que también es la mía y la de mi querido pueblo de Bambamarca...” “

AGRADECIMIENTOS.

A Dios por darme la vida, por estar siempre junto a mí.

A mi padre, Wilder Sánchez, por su amor, su ejemplo y sobre todo por la confianza depositada en mí sin ti papa nunca lo hubiese logrado, sé que las palabras nunca alcanzarían para agradecerte por todo lo que hiciste y haces por mí.

A mis hermanos, José Luis por sus consejos, su paciencia, Luis Eduardo y Ana Elena por ser mi motivo de superación siempre contarán conmigo...

Al Sr. Dante Vera Coordinador del Grupo Norte, por haber confiado en mí, no lo defraudaré.

A la Compañía Minera Colquirrumi, por darme la oportunidad de realizar este trabajo, dentro de ella Al Ing. Gustavo Jo gerente de operaciones, a los Ingenieros: Richard Regalado, Genoveva del Piélagos, Jorge Santa María, Segundo Terrones y con especial deferencia al Ing. Franklin Rodríguez por su apoyo, su amistad, por compartir sus conocimientos. El país necesita más profesionales como su persona, para usted mi admiración constante.

A mis queridos tutores; el Dr. Yudel García y el Msc. Yudemir Cruz Pérez, por su profesionalismo, su apoyo y sobre todo por la amistad y confianza brindada, tenerlos como tutores no solo me hizo mejor profesional si no también mejor persona,

Al claustro de profesores de la Maestría en Ciencias Forestales, gracias por todos los conocimientos brindados, a su coordinador Dr. C. José F. Rodríguez y especialmente al colectivo de la mención "Manejo de Bosques", entre ellos Pastor Bustamante y Hector Barrero quienes con una sonrisa siempre confiaron en mí.

A mis amigos, los que están y los que ya no están, a mi querida Alba, por su paciencia, su amistad y su apoyo personas como tú hacen que este mundo sea mejor, confío en ti y sé que llegarás muy lejos. A Yasiel, Reinier, Rosa, Rosmery ...

A todos ustedes...

Mi eterna gratitud.

Agradecimientos

La autora.

RESUMEN.

Este trabajo se realizó en la desmontera Lola 33, ubicada en el distrito de Hualgayoc, Cajamarca, Perú, con el objetivo de elaborar una propuesta metodológica para la rehabilitación de las áreas degradadas por la actividad minera, basado en un diagnóstico ambiental y en la ejecución de un conjunto de acciones propias de rehabilitación. Para ello se realizaron dos encuestas para conocer la situación actual de los pasivos, y la percepción del paisaje. Se realizó además un inventario de la vegetación aledaña al pasivo ambiental, estableciendo seis parcelas cuadradas de 10 x 10m² distribuidas alrededor de todo el pasivo, un análisis de suelo, el tipo de cobertura y la aplicación de medidas de conservación. Los resultados reflejan cambios en el paisaje, mostrando la población un alto nivel de concientización pero a la vez una baja sensibilización ante la rehabilitación de los pasivos mineros. Se evidencia la necesidad de formular proyectos de forestación en estas zonas. Se obtienen bajos niveles de abundancia, y dos grupos de relaciones florísticas con una divergencia significativa, lo cual indica que la composición de especies es muy diferente en las zonas aledañas al pasivo ambiental. Las características edáficas muestran que son suelos ácidos y pobres en contenidos nutricionales, resultando la subzona Lola 3 la de mayores diferencias en cuanto a las propiedades físico-químicas del suelo. Se realizan acciones de rehabilitación en el área para garantizar la estabilidad física, hidrológica y la revegetación con especies tales como: *Trifolium pratense*, *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum*, *Lupinus sp*, *Polylepis racemosa* y *Pinus pátula*, mostrando altos porcentajes de supervivencia y un buen crecimiento. Se diseña una propuesta metodológica para la rehabilitación de áreas degradadas por la actividad minera, la cual pudiera ser aplicable a los pasivos existentes en el departamento de Cajamarca y hasta nivel nacional.

ABSTRACT.

ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN

1

CAPÍTULO I.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.1.- Contexto actual de la conservación, manejo y autoecología de los recursos forestales.	6
1.1.1. Conservación forestal	6
1.1.2.- El manejo forestal y las buenas prácticas de manejo.	9
1.1.3.-Autoecología de las especies forestales	11
1.1.4.-. Ecofisiología de las especies forestales	12
1.2.-. Características del territorio cubano	15
1.2.1.- Generalidades físico geográficas de Cuba	15
1.2.2.- Características edafoclimáticas del país	16
1.2.3.-	21
1.3.-	22
1.3.1.-	22
1.4.-	23
1.5.-	25
1.5.1.-	25
1.5.2.-	25
1.5.3.-	26
1.5.4.-	27

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA DE TRABAJO.

2.1.-	28
2.2.-	29
2.2.1.-	29
2.2.2.-	35

	Revisión bi
2.2.2.1.-	36
2.2.2.2.-	41
CAPITULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	
3.1.-	44
3.1.1.-	49
3.2.-	50
3.3.-	53
3.4.-	60
3.4.1.-	60
3.4.2.-	62
3.4.1.-	70
3.5.-	74
3.5.1.-	74
3.5.2.-	76
3.5.3.-	76
3.5.4.-.	80
CONCLUSIONES.	83
RECOMENDACIONES.	84
BIBLIOGRAFÍA.	85
ANEXOS.	

Índice

- 7 -

INTRODUCCIÓN.

La explotación intensiva de los recursos naturales y el desarrollo de grandes concentraciones industriales y urbanas en determinadas zonas, son fenómenos que por incontrolados, han dado lugar a la saturación de la capacidad asimiladora y regeneradora de la naturaleza y pueden llevar a perturbaciones irreversibles del equilibrio ecológico general, cuyas consecuencias a largo plazo no son fácilmente previsibles (Frers, 2006).

La situación actual de muchos ecosistemas en el mundo, en cuanto a su conservación, es cada vez más crítica; la pérdida acelerada de más del 45% de los bosques originales, así como la tendencia actual de extinción de 34 000 especies de plantas y 5 200 de animales, a un ritmo acelerado, que oscila entre 100 y hasta 10 000 veces más que los rangos históricos; crea la necesidad de enfrentar con urgencia los daños ocasionados y frenar los que aún se producen; cualquier método que se utilice para lograrlo será loable, pero se aboga por el uso de técnicas que conlleven a la recuperación de la mayoría de las cualidades perdidas en estos ecosistemas, sobre todo, en aquellos que están amenazados de desaparecer (Matos, 2008).

La actividad minera en el Perú, ha sido y es una de las más importantes para la economía nacional, sin embargo ha traído consigo un sinnúmero de conflictos socio-ambientales que en los últimos años se han convertido en un problema crítico, tanto para la población, como para las empresas mineras, debido a las repercusiones ambientales que ha dejado a lo largo de su trayectoria, de ahí la importancia de realizar trabajos encaminados a la rehabilitación ambiental con miras a una posible restauración ecológica.

El desarrollo de la minería tiene consecuencias directas sobre la pérdida de la biodiversidad, por lo que desde hace varias décadas se han buscado alternativas de manejo de los paisajes mineros y la restauración de ecosistemas, rehabilitación o recomposición de las áreas afectadas. Particularmente entre los ecólogos ha

existe un creciente interés por la restauración ecológica considerando que existe la probabilidad de auto regeneración de los ecosistemas a través de los procesos sucesionales Johnson y Bradshaw (1979). Citados por Muñoz *et al* (2006).

La revegetación es la práctica común tanto en los procesos de restauración ecológica como en la rehabilitación o recomposición de áreas donde es imposible restaurar el ecosistema original. En todos los casos, la revegetación se hace siguiendo principios ecológicos con la finalidad de restaurar la funcionalidad.

Esta última no solo implica funciones ecosistémicas, sino que puede incluir la funcionalidad del paisaje en términos de prestación de servicios ambientales de los nuevos sistemas recreados. Estos valores pueden establecerse aún cuando para ello se deba partir de un ecosistema distinto al original con base a las nuevas condiciones del medio físico en un hábitat modificado (Rivas, 2006).

La revegetación de áreas degradadas por la actividad minera es de primordial importancia en los proyectos de rehabilitación, y debe ser planificada para que al cierre de la mina puedan realizarse acciones que aseguren una mayor probabilidad de ser auto sostenible en el largo plazo.

En este sentido, la selección de especies juega un papel crucial para garantizar la rehabilitación de áreas alteradas por la actividad minera. Las especies pueden ser seleccionadas usando criterios ecológicos que van a depender de las metas de los planes de revegetación, entre ellos las condiciones físico-químicas del suelo, la disponibilidad de semillas, su forma y velocidad de crecimiento, clima, compatibilidad con otras especies a ser plantadas.

Johnson y Bradshaw (1979), señalan que la selección de especies está sujeta a los objetivos de uso del suelo en correspondencia con las características específicas del sitio y que las especies pioneras que invaden las zonas afectadas deben ser consideradas en primera instancia en los planes de revegetación

Cajamarca, es un territorio eminentemente minero, pudiendo señalarse que en la actualidad el 3.3% del territorio posee concesiones mineras (Luna, 2009). Cabe señalar la presencia de grandes compañías internacionales desarrollando actividades de exploración y explotación que conllevan al incremento de los conflictos sociales, la destrucción del paisaje y la contaminación ambiental propia de esta actividad.

Por tales motivos, tanto el estado, como empresas privadas, han desarrollado acciones para la remediación de los pasivos ambientales existentes en la zona, una de las empresas pioneras en este trabajo ha sido la Compañía Minera Colquirrumi, la cual ha realizado trabajos de remediación ambiental en un gran proyecto denominado “Remediación de Pasivos Ambientales Mineros Hualgayoc - Cajamarca “.

Teniendo en consideración los elementos planteados hasta aquí, se ha identificado como problema a resolver en esta investigación el siguiente: Las prácticas de rehabilitación ambiental que se desarrollan en los pasivos mineros no garantizan la estabilidad ecológica de las zonas afectadas del distrito de Hualgayoc, Cajamarca, Perú.

A partir de esto se identificó como objeto de estudio: Los procedimientos para la rehabilitación ambiental de los pasivos mineros.

Planteándose como hipótesis: Es posible la elaboración de principios metodológicos capaces de garantizar que las prácticas de rehabilitación ambiental que se desarrollen en los pasivos mineros generen la estabilidad ecológica de las zonas afectadas del distrito de Hualgayoc, Cajamarca, Perú.

Objetivo general: Elaborar los principios metodológicos para la rehabilitación ambiental de los pasivos mineros.

Objetivos específicos:

Diagnosticar el estado actual del área de estudio.

Determinar los índices de abundancia dominancia de la vegetación aledaña al pasivo.

Evaluar el uso de la revegetación con especies arbóreas, arbustivas y herbáceas.

Diseñar los principios ecológicos para la rehabilitación de los pasivos mineros.

CAPÍTULO I.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 Problemas ambientales globales.

Un problema ambiental es la percepción de una situación o estado no satisfactorio con respecto a una parte o a la totalidad del medio ambiente. Es el empeoramiento cualitativo del entorno causado por la actividad antrópica como la industrialización, la urbanización, la explotación irracional de los recursos, la presión demográfica, entre otros, o por factores naturales (Bayon, 2004).

Los problemas ambientales pueden ser de carácter global, regional, nacional y local atendiendo a la extensión de su impacto. Un problema ambiental global es aquel de alcance planetario por sus causas o manifestaciones y que sólo pueden ser resueltos o paliados por la acción mancomunada de las naciones. Los de carácter regional afectan a varios países, en ocasiones a continentes enteros o una parte significativa de ellos o masas de agua que bañan a varios países. Los problemas nacionales como su nombre lo indica son los que producen afectaciones en un territorio considerable de un país, y los locales provocan un impacto en los marcos de una localidad. Disponible en:

www.lombriculturaysustentabilidad.com/.

La explotación intensiva de los recursos naturales y el desarrollo de grandes concentraciones industriales y urbanas en determinadas zonas son fenómenos que por incontrolados, han dado lugar a la saturación de la capacidad asimiladora y regeneradora de la naturaleza y pueden llevar a perturbaciones irreversibles del equilibrio ecológico general, cuyas consecuencias a largo plazo no son fácilmente previsibles. Los tipos de contaminación más importantes son los que afectan a los recursos naturales básicos, aire, suelo y agua (Frers, 2006).

Dentro de los principales problemas ambientales globales se encuentra el cambio climático, contaminación atmosférica, destrucción de la capa de ozono, las lluvias ácidas y la degradación de los suelos (Vilches *et al*, 2009).

2.2 Principales problemas derivados de la actividad minera.

Las actividades mineras llevan consigo la modificación de los cauces de ríos. Producen importantes cambios en el balance de agua entre infiltración y escorrentía debido a la modificación del suelo y vegetación que lleva consigo una mayor capacidad erosiva y que son responsables de los paisajes descarnados y con una morfogénesis específica. Las escombreras se convierten en peligrosos focos de contaminación para las aguas superficiales y subterráneas, produciéndose pérdida de su calidad por procesos de salinización, alcalinización, incremento de la turbidez, concentraciones anómalas de metales pesados, entre otros (Morláns, 2007).

Después de la fase operacional minera, desaparece la biodiversidad y el ambiente se torna inerte generando un paisaje desolador, con repercusión múltiple en sitios aledaños, preferentemente en cotas topográficas inferiores dentro de las mismas cuencas hidrográficas, por cuanto, además de la interrupción del funcionamiento de los sistemas ecológicos sustentadores de la vida, se genera la contaminación de las aguas superficiales, se incrementan las condiciones climáticas adversas y aumenta el escurrimiento superficial en detrimento de la infiltración del agua al manto freático subterráneo, con la consecuente merma de agua de calidad para el abasto de la población (Jaula, com. pers.).

Las actividades mineras, siempre que se produzcan con una cierta intensidad, provocan fuertes impactos ambientales. Aunque son un agente importante de transformación socioeconómica también provocan una fuerte transformación en los ecosistemas. Entre los efectos destacan la destrucción de los suelos naturales, así como la creación de nuevos suelos ("antrosolos") que presentan fuertes limitaciones físicas, químicas y biológicas que dificultan la reinstalación de vegetación. (Macías, 1996).

Los impactos ambientales producidos por las minas se dividen en: atmosféricos, paisajísticos, hidrológicos, edáficos, faunísticos y florísticos (Macías, 1996).

2.2.1 Deterioro estético de paisaje.

La extracción de minerales provoca un deterioro de las áreas donde se realiza la actividad minera. Los movimientos de material y la formación de taludes pueden dar origen a una degradación de la calidad ambiental de una zona, por la formación desordenada de depósitos estériles, tranques de relaves y otras obras e instalaciones que afectan la calidad ambiental del territorio y su entorno paisajístico (Santa María, com. pers.)

Después del proceso extractivo minero se puede observar la modificación de las formas naturales del terreno, apareciendo pendientes muy pronunciadas e incluso una gran frecuencia de paredes verticales, así como la destrucción o profunda modificación de la cobertura vegetal. A su vez se puede observar un cambio de coloración, frecuentemente hacia tonos más rojizos, causados por una más intensa oxidación que la que presentan los suelos de la zona. El arranque de considerables volúmenes de materiales estériles obliga a la acumulación con la correspondiente ocupación de terrenos y afeamientos del paisaje (Macías, 1993).

En Argentina el paraje denominado “Sierra de Leones”, se caracterizó por la forma que adoptaban los cerros (leones), sin embargo después de la explotación minera se ha evidenciado que los cerros ubicados en el paraje, han disminuido en 54 m su altura, de esta manera en el paisaje se manifiesta un claro deterioro biológico y ambiental, a pesar de empezar trabajos de restauración el paisaje no volverá a ser el mismo (Rivas *et al.*, 2006).

En España, en la provincia de Asturias, la explotación de mercurio ha dejado escombreras de gran volumen, las cuales hasta la actualidad continúan en el mismo estado de abandono de cuando cesaron las actividades mineras, las

mismas contienen niveles de mercurio elevado que por fenómenos de escorrentía e infiltración causan grandes daños al ambiente (Fernández *et al.*, 2005 y 2006).

La extracción de oro en las cuencas de los ríos Caychive y Huepetue en la provincia de Manú, departamento de Madre de Dios, Perú, ha causado un impacto ecológico fuerte produciendo la deforestación de 8000 ha de bosque tropical, el lavado de los suelos, y la contaminación con mercurio de aguas, aire y biota en general (Ríos, 2008).

En Cerro de Pasco Perú, la explotación minera ha dejado un tajo de gran dimensión en la misma ciudad, este es uno de los problemas por el cual la ciudad será reubicada. En esta zona se han realizado estudios de la geoquímica y mineralógica encontrándose elevados contenidos residuos de la explotación minera (Bernhard, 2009).

2.2.2 Contaminación del agua.

Las aguas ácidas generadas por la minería actual o pasada resultan de la oxidación de minerales sulfurados principalmente pirita en presencia de aire, agua y bacterias. Las aguas ácidas atacan minerales, produciendo soluciones que pueden acarrear elementos tóxicos al medio ambiente como cadmio y arsénico.

Esta agua puede venir de tres fuentes principales: sistemas de desagüe de minas, tranques de relaves y desmontes. Estas descargas pueden producir desde algunos efectos menores como decoloración local de suelos y drenajes con precipitación de óxidos de Fe, o llegar a una extensa polución de sistemas de ríos y tierras de cultivo. En algunos distritos mineros el problema es mayor después del cierre de las operaciones mineras. Esto se debe a la recuperación del nivel de aguas subterráneas después que se remueve el equipo de bombeo que mantenía secas las labores mineras (Rodríguez, 2009.).

La minería rompe y comprime la roca, creando nuevos túneles para que el oxígeno, aire y microbios, reaccionen con los minerales. En consecuencia las rocas pueden generar ácido, movilizandando muchos otros constituyentes químicos, los que podrían contaminar cuerpos de agua por décadas o incluso cientos de años después del cierre de la mina. La roca residual a menudo contiene concentraciones elevadas de sulfatos, metales tóxicos, no-metales, y componentes radioactivos. Dicha roca generalmente se desecha en montones en la superficie del suelo al borde de los tajos o fuera de las obras. Muchos contaminantes se pueden filtrar de estos montones de desecho, contaminando las aguas superficiales y subterráneas (Chen *et al* 2006).

El sector minero es considerado el sector industrial más contaminante de aguas superficiales y subterráneas, especialmente con cargas contaminantes de metales pesados (cobre, zinc, plomo, cadmio, plata, arsénico, manganeso, etc.). Se ha estimado que las actividades mineras y metalúrgicas en conjunto descargan anualmente más de 13 billones de metros cúbicos de efluentes en los cuerpos de agua del país. Sin embargo, desde mediados de la década pasada el sector minero ha ido asumiendo progresivamente responsabilidades ambientales en cuanto a la mitigación de los daños y prevención de otros (FONAM, 2008)

2.2.3 Contaminación del suelo.

La minería en su conjunto produce toda una serie de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos, que de una forma u otra van a parar al suelo. Esto sucede ya sea por depósito a partir de la atmósfera como partículas sedimentadas o traídas por las aguas de lluvia, por el vertido directo de los productos líquidos de la actividad minera y metalúrgica, o por la infiltración de productos de lixiviación del entorno minero: aguas provenientes de minas a cielo abierto, escombreras (mineral dumps), etc., o por la disposición de elementos mineros sobre el suelo: escombreras, talleres de la mina u otras edificaciones más o menos contaminantes en cada caso (Hürkamp *et al.*, 2009).

Los suelos que quedan tras una explotación minera son todo tipo de materiales deteriorados, productos residuales de las extracciones, escombreras de estériles, etc., por lo que presentan graves problemas para el desarrollo de una cubierta vegetal, siendo sus características más notables las siguientes:

Clase textural desequilibrada: Las operaciones mineras, generalmente producen una selección en el tamaño de las partículas, quedando materiales homocéntricos. Frecuentemente abundan los materiales gruesos, a veces sin apenas fracción menor de 2 mm.

Ausencia o baja presencia de estructura edáfica: Se debe a la escasez de componentes coloidales, especialmente de los orgánicos. Dada la carencia de materiales coloidales y la ausencia de actividad biológica, las partículas quedan sueltas o forman paquetes masivos o estratificados.

Propiedades químicas muy anómalas: Los suelos de minas son medios que pueden presentar situaciones extremas en los principales parámetros químicos. La presencia de condiciones de acidez crea un ambiente hiperácido e hiperoxidante, en el que se produce un intenso ataque de los minerales. Así mismo, aparecen especies iónicas características de estos ambientes que son altamente tóxicas para los organismos acuáticos o terrestres Al^{+3} , Fe^{+2} ; Mn^{+2} ; Pb^{+2} ; Cu^{+2} , Zn^{+2} . En definitiva, todo ello hace que el medio no sea apto para el desarrollo de los organismos y por ello muy difícilmente edafizable.

Escasez o desequilibrio en el contenido de los nutrientes fundamentales: Dado que la actividad biológica está fuertemente reducida, se presentan fuertes carencias de los principales elementos biogénicos: C, N y P.

Ruptura de los ciclos biogeoquímicos: Debido a que en los procesos mineros se suele eliminar los horizontes superficiales, que son precisamente los biológicamente activos.

Baja profundidad efectiva: El posible suelo tiene un espesor muy limitado.

Dificultad de enraizamiento: Como consecuencia de la extrema delgadez del suelo las raíces solo pueden desarrollarse en la fina capa superficial.

Baja capacidad de cambio: Producida por la ausencia de materia orgánica evolucionada y la escasez de fracción arcilla.

Baja retención de agua: Debido a las ausencias de los materiales dotados de propiedades coloidales citados en el punto anterior, y también por efecto de la ausencia de estructura.

Por lo que se puede decir que las actividades mineras causan intensas modificaciones en los suelos que conllevan frecuentemente a su total destrucción, dejando los materiales con unas limitaciones tan severas que generalmente se han de tomar medidas correctoras para recuperar, por lo menos en parte, la capacidad productiva (Macías, 1996).

2.3 La minería y sus impactos en Latinoamérica.

2.3.1 Bolivia

La Secretaría Nacional del Medio Ambiente (SENMA), 1993 realizó una evaluación ambiental (EA) de los sectores minero e industrial cuyo resultado fue el diagnóstico global de las condiciones ambientales del sector minero que presenta un resumen de las tendencias ambientales de la minería boliviana durante la década 1980-1990. En aquella oportunidad se señaló que las operaciones mineras cerradas eran generalmente abandonadas sin ningún tipo de limpieza o recuperación de suelos, lo que dio como resultado el drenaje ácido y otros problemas asociados sin soluciones previsibles. Los principales impactos señalados fueron:

Transformación del paisaje: por la apertura de tajos abiertos, dragado, diques de colas, disposición de desmontes y acumulación de los residuos de lixiviación en

pilas, contaminación de las aguas de superficie, subterráneas y de suelo con: agua de mina, agua de procesamiento, colas en suspensión en el agua de proceso y lixiviado de antiguos diques de colas u otras fuentes.

Acumulación de residuos sólidos: rocas residuales de mina, colas de las operaciones de concentración.

Emisiones de polvo conteniendo metales pesados que contaminan el agua y los suelos.

2.3.2 Chile.

Según el informe de la CEPAL 2006, en los últimos se hizo un trabajo extensivo para identificar los impactos producidos por la minería, pero no se realizó una evaluación global de todos los impactos que permita jerarquizarlos y establecer una comparación entre ellos. No obstante, hay consenso en que algunos impactos tienen un carácter nacional y que otros son más bien de carácter local, pero aún resta por identificarlos claramente y clasificarlos atendiendo a las prioridades de atención. En líneas generales los tipos de impactos mineros se asocian a los siguientes puntos:

Desechos generados: los masivos (estéril, relaves, ripios, escoria) y los de tipo industrial (reactivos químicos, neumáticos, aceites, chatarra, etc.), en faenas abandonadas.

La contaminación atmosférica generada por las fundiciones de cobre, la que sin embargo ha desaparecido casi por completo como fuente generadora de impactos debido a la aplicación de los planes de descontaminación de las fundiciones (Yupari, 2003)¹.

¹. Informe elaborado para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL, el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales – BGR, y el Servicio Nacional de Geología y Minería – SERNAGEOMIN,

2.3.3 Ecuador

Los mayores tipos de impactos han afectado básicamente las aguas debido a los procesos usados para la extracción del oro, entre estos se encuentran:

Las cuencas hidrográficas del sur del país, las cuales están seriamente afectadas por los pasivos que aún siguen generándose pues gran cantidad de los yacimientos mineros se ubican principalmente en zonas de alta biodiversidad y fragilidad ambiental, que a su vez son el origen de importantes cursos de aguas usados en las zonas costeras bajas para riego o para consumo humano.

Deterioro parcial de las riberas de los ríos y almacenamiento de residuos a lo largo de los ríos de las áreas mineras. Por ejemplo existirían alrededor de 270.000 toneladas de relaves, colas y arenas solamente en el área de Portovelo y Zaruma, y cantidades no determinadas en la zona de Bella Rica en las riberas de los ríos Zamora, Margarita y Cumbaratza en San Gerardo.

Considerando que la explotación minera metálica se limita a la obtención del oro, las arenas residuales que se descargan en los ríos estarían contaminándolos por sus altos contenidos de metales, sulfuros y sulfatos.

El proceso de cianuración usado para mejorar el aprovechamiento del mineral hace que las colas y relaves derivados de este proceso contengan residuos significativos de cianuro (debido a deficiencias del proceso técnico), añadiéndose así un nuevo elemento de contaminación para el ambiente.

Solamente en reducidos casos se han incorporado prácticas diferentes como por ejemplo, la creación de cementerios de colas y luego se ha procedido a cubrirlas con una capa vegetal y procesos de deforestación, un estimado a 1992 indicaba que un 70% del área de Zaruma Portovelo estaba afectada por dicho proceso (CEPAL, 2006).

2.3.4 Perú

El Proyecto de Ley N° 380/2002-CR17 que regula los pasivos ambientales mineros hace alusión a los siguientes tipos de impactos que han producido los pasivos

Degradación de las aguas de los ríos, lagos y mares: producida esencialmente por los vertimientos de residuos sólidos y líquidos, con alto contenido de sustancias contaminantes.

Degradación del aire, suelos, flora, fauna y paisaje; generada también como consecuencia de los vertimientos o emisiones.

Deforestación, destrucción de la cobertura vegetal, que bien pondría en peligro la estabilidad de taludes y los procesos de almacenamiento del agua en el suelo.

Eliminación o disposición inadecuada de sustancias y residuos, referido mayormente a la deposición de material de desechos y escombreras que ocupan áreas que mayormente se encuentran a la intemperie (Yupari, 2003).

2.4 Problemas ambientales en Perú.

Los problemas ambientales del país en han sido clasificados por el Ministerio de Educación (2009) en:

A: Problemas en la gestión de los recursos en el nivel local: Dentro de los cuales están la deforestación, pérdida y degradación de los suelos, deterioro de los recursos marinos y costeros, deterioro de los recursos hídricos.

B. Problemas de calidad ambiental: Crisis ambiental urbana, impacto ambiental de las actividades mineras, incidencia ambiental de los problemas energéticos,

extinción de las culturas tanto indígenas como populares así como el cultivo ilegal de plantas destinadas al uso de estupefacientes.

Según Brack (2009), dentro de los cinco principales problemas ambientales en Perú se encuentran: La contaminación de las aguas, la exposición de residuos sólidos, la calidad del aire por la mala calidad del parque automotor obsoleto, los pasivos ambientales mineros y por último la deforestación y la tala ilegal.

Cualquier acto de recuperación de áreas degradadas por la minería debe de tener una metodología para la misma que responda a la realidad físico biológica en la que esté inmersa, además de estar respaldada por los organismos competentes del país de origen (Ribeiro, 2004). Dentro de los principales procesos de remediación en Perú se encuentran (Chaparro, 2006)²:

Rehabilitación de labores subterráneas antiguas. Para poder tener la seguridad de realizar los trabajos de taponeo.

Taponeo de bocaminas. Para la eliminación del drenaje ácido.

Nivelación y perfilado de canchas de desmonte (estabilidad física).

Construcción de canales de derivación y escorrentías (obras civiles).

Encapsulado y recubrimiento de canchas de desmonte.

Sembrado con especies nativas en áreas remediadas.

2.5 Conservación de los recursos naturales.

La diversidad biológica es la base de la vida en la tierra, el hombre se provee de múltiples beneficios, siendo el más importante la variedad de plantas de las que obtiene alimentos, medicinas y materiales para la construcción. A pesar de la gran magnitud, la diversidad biológica es finita y se está reduciendo debido a la sobreexplotación a la que están siendo sometidas las especies. Esto ha causado el deterioro y destrucción de muchos hábitats y la desaparición de las mismas,

² 2006Taller Internacional Industrias Extractivas y Desarrollo Sostenible Perú – Arequipa. Organizado por la Conferencia de Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD).

limitando así la disponibilidad de los recursos, poniendo en peligro la subsistencia de generaciones futuras (Baena *et al.*, 2003).

Según Betancourt y Villalba (2004), en la actualidad la existencia y cuidado de los bosques no obedece a simples razones de producción, por importantes que estas sean, sino a la necesidad de contar con abundantes y bien distribuidas superficies forestales, ya que representan un papel esencial en el equilibrio biológico y social de su territorio.

La conservación es una disciplina dedicada a la preservación, rescate, mantenimiento, estudio y utilización del patrimonio que representa la biodiversidad. Esta debe planificarse de tal modo que se integre con los planes de desarrollo sustentable y de utilización sostenible de los recursos naturales de las diversas regiones (Pearce, 2001).

La conservación de la diversidad de los bosques naturales depende de mantener in situ todos los componentes funcionales esenciales del ecosistema. Es posible que estos incluyan una serie de interacciones ecológicas, particularmente relaciones simbióticas y conexiones interdependientes. En muchos casos, el objetivo puede ser la conservación de determinada especie y poblaciones principales, en la práctica, es posible que esto suponga el mantenimiento de comunidades enteras, al menos hasta que se logre un conocimiento más completo de la dinámica del ecosistema (Namkoong *et al.*, 1995).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) adoptado en la Cumbre de la Tierra realizada en Río de Janeiro en 1992, busca la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica y la distribución justa y equitativa de beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos. Con el apoyo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) a partir de 1997 se ha logrado que representantes de la región mesoamericana y principalmente de los puntos focales del Convenio sobre la Diversidad Biológica se reúnan antes de cada conferencia para coordinar una posición regional sobre temas a discutir.

Otros acuerdos relacionados con la conservación de especies son el Convenio para la Protección de la Flora y la Fauna y las bellezas naturales de los países de América; Convenio constitutivo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD); Convenio Regional para el Manejo y Conservación de Ecosistemas Naturales Forestales y del Desarrollo de Plantaciones Forestales, conocido como Convenio Centroamericano de Bosques; Convenio para la Protección de la Biodiversidad y de las Áreas Silvestres Prioritarias en América Central; Alianza para el Desarrollo Sostenible en Centroamérica; Convenio sobre Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna (CITES) y Convenio de la Desertificación y la Sequía (Mesén, 2003).

2.5.1 El manejo forestal.

Antes de 1992 poco se hizo para restaurar los paisajes y los ecosistemas a su estado anterior a la minería, pero desde entonces la legislación ha puesto una clara responsabilidad para la restauración de los operadores mineros. La aplicación de restauración ecológica es un principio lento, pero recientemente ha cobrado impulso, en línea con la creciente conciencia de las responsabilidades medioambientales entre la industria minera mundial.

En general, la recuperación autógena de la vegetación perenne no tiene lugar. La escasez de precipitaciones anuales, y las fuertes condiciones de viento presentan los mayores desafíos climáticos para la restauración de la flora.

Mientras que la vegetación única, y sus características (por ejemplo, la escasa representación de especies perennes en el banco de semillas) presentan desafíos a la comprensión de las intervenciones que son fundamentales para lograr la restauración ecológica, al mismo tiempo, las condiciones climáticas tales como la fuerte estacionalidad y baja variabilidad de las precipitaciones, junto con las características florísticas y la tolerancia

a la sequía, no ofrecen oportunidades actuales para la restauración. Tal vez los mayores desafíos para la restauración se derivan de: la inadecuación de gran parte de los suelos minados y de terrenos de recubrimiento para el crecimiento vegetal, la naturaleza y la importancia de las condiciones climáticas, los suelos minados, capas arables, los nutrientes del suelo, áreas verdes, bancos de semillas, siembra, trasplante, y las interacciones entre estos y otros factores que se evalúan en el contexto de este entorno y las prácticas mineras vigentes.

El concepto de manejo forestal sostenible ha venido cambiando a través del tiempo, para incorporar nuevos aspectos ecológicos y sociales, por ejemplo, las directrices de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIT), consideran aspectos sociales y económicos, pero con énfasis en la producción de madera y aspectos ecológicos. Otro enfoque, es el manejo sostenible, de manera que la administración del bosque y las tierras de vocación forestal, sean en forma e intensidad, las que mantengan la diversidad biológica, la productividad, la capacidad de regeneración, la vitalidad y su potencial para cumplir, ahora y en el futuro. (Granholm *et al.*, 1996).

García (2006), plantea que el manejo humano de la biosfera se debe dar de tal forma, que pueda producir los mayores beneficios sostenibles para las generaciones presentes, en tanto mantiene su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. Significa reducir la presión de los recursos e implica un manejo prudente y planificado de los recursos y no meramente la protección y prevención exclusiva de cualquier uso. Es importante destacar que aunque existe una estrategia nacional para la diversidad biológica que aborda objetivos comunes enfocados al principio de sostenibilidad es necesario encaminar estrategias para aquellas especies forestales que presenten problemas con su conservación.

El Manejo Forestal Sustentable (MFS) es también un tema que se discute tanto a nivel mundial como nacional, siendo de interés tanto de privados como de sectores institucionales y de opinión pública. A pesar de la reglamentación existente sobre el sistema de evaluación de impacto ambiental, son numerosos los desacuerdos entre los distintos sectores de la sociedad en cuanto a la conveniencia de implementar determinados proyectos forestales (OIMT, 2005).

La participación pública en el manejo forestal aumentó en muchos países, los enfoques más amplios de manejo forestal, tales como el manejo de ecosistemas y el ordenamiento del paisaje, han sido cada vez más aceptados y están siendo ejecutados ampliamente. Estos enfoques reconocen el dinamismo de los sistemas ecológicos y sociales, los beneficios del manejo adaptable, así como la importancia de la toma de decisiones a través de la colaboración. Las estrategias integradas para la conservación de bosques, en las cuales la conservación de los recursos forestales y de la diversidad biológica conlleva el manejo dentro y fuera de las áreas protegidas, se están desarrollando cada vez más (FAO, 1997).

Según Gayoso (2002), se considera indispensable consensuar un marco de normativas para el MFS, preparar pautas para la ejecución de operaciones forestales específicas, denominadas buenas prácticas de manejo y desarrollar guías de conservación de componentes ambientales, que ayuden a prevenir o minimizar los impactos ambientales negativos. Las normas de MFS comprenderán criterios e indicadores comunes en el nivel nacional, mientras las buenas prácticas de manejo forestal serán locales, servirán para poder establecer la mejor práctica de manejo para cada situación y estarán sujetas al marco general dado por las normas de MFS.

2.5.2 Restauración ecológica.

La (SER), Society for Ecological Restoration International (2008), define la restauración ecológica como un proceso de compensación, mediante influencias

sobre un ecosistema, para que pueda continuar actuando como si estas influencias estuvieran ausentes.

La restauración es la base fundamental de toda una serie de términos que describe un tipo especial de manejo medioambiental.

La restauración en el contexto de la conservación de la naturaleza incluye una serie de gestión de actividades, incluso algunas de ellas mal definidas. La restauración ecológica, se define como la gestión que tiene por objeto restablecer las comunidades bióticas a una condición más como la de un período de tiempo seleccionado en el pasado. Sin embargo, la atención a los aspectos ecológicos, los requisitos de las especies individuales, tanto las plantas dominantes, los animales, y otras especies comunes, es esencial para el éxito con la restauración (Matos, 2008).

Por otra parte, la mejora de la supervivencia de algunas especies amenazadas a menudo requiere el establecimiento de hábitats adecuados. Aquí, los objetivos de la comunidad y la gestión de especies coinciden. Cabe señalar que la referencia a un período de tiempo seleccionado en la definición anterior reconoce que cualquier sistema del pasado que se trata de imitar siempre ha estado en cambiante estructura y composición. El objetivo no es crear comunidades de composición estrictamente definida como vislumbres estáticas del pasado, si no que se trata de volver a activar los principales procesos de sucesión probable que han operado durante los períodos de tiempo seleccionados y dentro de las condiciones físicas (factores de sitio y clima) que se especifican para cada programa de restauración (Matos, 2008).

.

Gayton (2001), plantea que el objetivo de la restauración ecológica es restaurar totalmente los componentes y procesos de un sitio dañado o el ecosistema a un estado histórico anterior, o hacia una condición futura deseada.

La **SER** (2008), plantea que la restauración trata de retornar un ecosistema a su trayectoria histórica. Por lo tanto, las condiciones históricas son el punto de partida ideal para diseñar la restauración. El ecosistema restaurado puede no recuperar su condición anterior debido a limitaciones y condiciones actuales que pueden orientar su desarrollo por una trayectoria diferente. La trayectoria histórica de un ecosistema gravemente impactado puede ser difícil o imposible de determinar con exactitud. No obstante, la dirección general y los límites de esa trayectoria se pueden establecer a través de una combinación de conocimientos sobre la estructura, composición y funcionamiento preexistente del ecosistema dañado, de estudios de ecosistemas intactos comparables, información sobre condiciones ambientales de la región y análisis de otras informaciones ecológicas, culturales e históricas del ecosistema de referencia. Esta combinación de fuentes permite trazar la trayectoria histórica o condiciones de referencia a partir de los datos ecológicos iniciales y con ayuda de modelos predictivos. La emulación de este proceso, durante la restauración, deber ayudar a guiar al ecosistema hacia una mejor salud e integridad.

Una tendencia que analiza a la restauración ecológica desde tres posiciones según Vázquez y col. (1998) citado por Matos (2008) es:

La que considera a la restauración como un regreso a las condiciones existentes en las comunidades naturales originales, incluida la biodiversidad original, logrando nuevamente cierta estabilidad sin necesidad de manejo posterior.

La dirigida a tratar de recuperar las principales funciones ambientales del ecosistema original, como: estabilidad en la fertilidad, la conservación del suelo o el ciclo hidrológico; aunque parte de la diversidad se haya perdido, que la estabilidad del sistema tenga que ser manejada y algunas especies extrañas que no existían hayan ingresado al área.

Y la restauración del paisaje; que en este caso, busca desarrollar un paisaje atractivo y sano para reemplazar otro que no lo es.

Mattos (2008), define a la restauración ecológica como el conjunto de acciones multidisciplinarias sobre elementos naturales degradados de un ecosistema, mediante el uso de técnicas adecuadas de manejo, que permitan guiar la sucesión ecológica, hacia la recuperación de las características típicas o cercanas a estas, de un ecosistema, hasta lograr que por sí solo pueda alcanzar su maduración o clímax.

Este mismo autor plantea que actualmente cada día gana más terreno la tendencia de ver a la restauración ecológica enfocada hacia:

La recuperación de las funciones de los ecosistemas (procesos).

La recuperación de las interacciones biológicas (relaciones).

La obtención de ecosistemas autosustentables, íntegros y sanos (evolución y continuidad).

La recuperación de los bienes y servicios que aportan los bosques (al hombre y los animales).

La participación del hombre como parte y no dueño (participación comunitaria y educación ambiental).

La aplicación de técnicas de manejo adaptativo.

El propio término que identifica a la técnica de restauración ecológica conduce a la idea de la restauración del ecosistema y de sitios, sin embargo, la restauración puede ser aplicada a diferentes escalas y por tanto, a pesar de que se siguen las mismas técnicas y principios, para cada escala se presuponen diferencias en su aplicación debido a que también son diferentes las metas. Las escalas en cuestión son: hábitat, especies, comunidades, ecosistemas, paisajes (Mattos, 2008).

2.5.3 Rehabilitación ecológica

La rehabilitación ecológica se define como el conjunto de técnicas que ayudan a que un sistema degradado vuelva a un sistema no degradado aunque sea diferente al original (Bradshaw, 1987).

Esta técnica admite la utilización de especies diferentes a las nativas. La rehabilitación busca restablecer en zonas degradadas algunos elementos o servicios ecológicos importantes, puede ser parcial y no pretende forzosamente que sean homólogos a estados prístinos. Es un concepto muy amplio que involucra prácticas que tienen mucha tradición en varias administraciones. En este ámbito caen muchas de las llamadas mejoras de terrenos, remedios para impedir la erosión, tratamientos de taludes o las complejas actuaciones hidrológico-forestales. Con todo, se suele reservar el uso de “rehabilitación” para aquellas situaciones donde realmente existe degradación (Machado, 2001).

La rehabilitación comparte con la restauración un enfoque fundamental en los ecosistemas históricos o preexistentes como modelos o referencias, pero las dos actividades difieren en sus metas y estrategias. La rehabilitación enfatiza la reparación de los procesos, la productividad y los servicios de un ecosistema, mientras que las metas de la restauración también incluyen el restablecimiento de la integridad biótica preexistente en términos de composición de especies y estructura de la comunidad. No obstante, la restauración, en el aspecto amplio que aquí se concibe, probablemente abarca una gran parte del trabajo de proyectos que se han identificado previamente como rehabilitaciones (SER, 2004).

2.5.5 Revegetación.

La revegetación es la práctica común tanto en los procesos de restauración ecológica como en la rehabilitación o recomposición de áreas donde es imposible restaurar el ecosistema original. En todos los casos, la revegetación se hace siguiendo principios ecológicos con la finalidad de restaurar la funcionalidad. Esta última no solo implica funciones ecosistémicas, sino que puede incluir la

funcionalidad del paisaje en términos de prestación de servicios ambientales de los nuevos sistemas recreados. Por ejemplo, en relación a la regulación de la entrada de sedimentos a los cuerpos de agua o en valores estéticos que promuevan un uso recreativo de las áreas previamente degradadas. Estos valores pueden establecerse aun cuando para ello se deba partir de un ecosistema distinto al original con base a las nuevas condiciones del medio físico en un hábitat modificado. (Guevara *et al.*, 2004).

El potencial de propágulos de fuentes adyacentes a las áreas alteradas será determinante en el establecimiento a largo plazo de una comunidad de especies vegetales nativas, y la fauna y los microorganismos son esenciales en activar los procesos de restauración ecológica y las funciones ecosistémicas. Los procesos de sucesión vegetal son clave en la restauración de estas funciones, de allí la importancia de una adecuada selección de especies que puedan servir en el diseño de programas de revegetación que resulten exitosos en el largo plazo con mínimos tratamientos posteriores (Guevara, *et al.*, 2005).

Maestre *et al.* (2001), al evaluar la revegetación en ambientes áridos y semiáridos señalan la importancia de parches de fertilidad de los suelos donde ocurren mecanismos sucesionales que facilitan la interacción entre especies dominantes, puesto que proveen vegetación en sitios donde los procedimientos tradicionales de revegetación fallan. En La Gran Sabana, al sureste de Venezuela, un inventario de las especies colonizadoras de áreas alteradas por préstamos a la construcción de la carretera, reveló la importancia de especies de comunidades arbustivas sobre roca, musgos, helechos, especies herbáceas de las sabanas adyacentes también asociadas a islas de fertilidad, gran parte de lo cual está modulado por la asociación con micorrizas de muchas de las especies nativas (Lovera y Cuenca, 1996; Rosales *et al.*, 1997; Cuenca *et al.*, 1998a, 1998b).

La revegetación de áreas degradadas por la actividad minera es de primordial importancia en los proyectos de rehabilitación, y debe ser planificada para que al cierre de la mina puedan realizarse acciones que aseguren una mayor probabilidad de ser auto sostenibles a largo plazo. Sin embargo, la revegetación debe ser efectuada desde el comienzo de la actividad extractiva particularmente en las vertientes que puedan tener un efecto inmediato en la entrada de sedimentos a los cursos de agua. En este sentido, la selección de especies juega un papel crucial para garantizar la rehabilitación de áreas alteradas por la actividad minera. Las especies pueden ser seleccionadas usando criterios ecológicos que van a depender de las metas de los planes de revegetación, entre ellos las condiciones fisicoquímicas del suelo, la disponibilidad de semillas, su forma y rapidez de crecimiento, clima, compatibilidad con otras especies a ser plantadas (Johnson y Bradshaw, 1979),.

En este contexto, por ejemplo, se ha demostrado que los musgos, plantas pioneras no vasculares, tolerantes a altas concentraciones de metales, son altamente efectivos en las primeras etapas de revegetación en zonas mineras (Stanley *et al.*, 2000).

En España, en la zona ubicada en el Macizo del Garraf (Barcelona), se han realizado ensayos de restauración ecológica en canteras, donde se han reportado buenos resultados de estabilización a través de la adición de estratos herbáceos, para luego abordar las plantaciones con especies autóctonas como *Pinus halapensis* (Jorba y Vallejo, 2008).

En la última década el sistema del pasto vetiver (VGT) ha emergido como el más innovador de bajo costo y ambientalmente amigable de los métodos de fitorremediación de residuos de la actividad minera. La tecnología VGT ha sido empleada con éxito para rehabilitar este tipo de residuos en Australia, China. Sudáfrica, Tailandia y Venezuela (Truong, 1999).

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA DE TRABAJO.

II. Materiales y métodos.

Ubicación geográfica del área de estudio.

El estudio se realizó en la desmontera Lola 33, ubicada al margen derecho del río Hualgayoc, en el área conocida como la curva del cisne, sus coordenadas son: Norte 9 252 616, Este 767 060 y altitud de 475 msnm, pertenece al departamento de Cajamarca, provincia y distrito de Hualgayoc en la sierra Nor- Occidental del Perú (Figura 1).

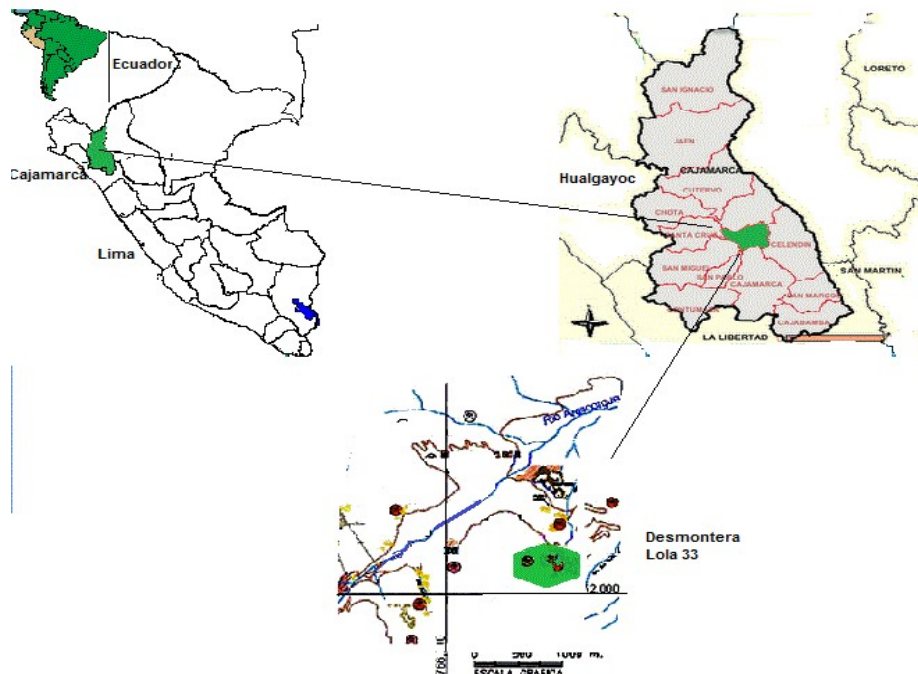


Figura 1.- Ubicación geográfica de la zona de estudio.

Metodología y técnicas de trabajo.

Diagnóstico de la zona de estudio

En primer término el diagnóstico partió de la recolección de información con fuentes secundarias, para comenzar a constatar el problema científico a resolver en la tesis.

A través del método de la *encuesta* y específicamente la técnica de las entrevistas no estandarizadas, descritas por Notario (1999) como aquellas de carácter general, a través de las cuales se obtiene un mejor clima para eliminar las diferencias individuales, ofreciendo mayor confianza al entrevistado el cual puede expresarse con una mayor libertad, las cuales no requiere guías predeterminadas; se tomó información de la Compañías Mineras Colquirrumi y Goldfilds, la Municipalidad de Hualgayoc, la Central Única Provincial de Rondas Campesinas Hualgayoc (CUPROCH), la ONG Ayuda en Acción, Frente de defensa del medio Ambiente Hualgayoc, Parroquia San Carlos, Fiscalía, las comunidades de La Tahona y Tumbacucho.

Seguidamente se realizó el proceso de toma de información en el campo, para lo cual se describen en los epígrafes siguientes las acciones fundamentales que se realizaron.

2.1.1.- Aplicación de la prueba previa.

La primera actividad operativa realizada fue la *prueba previa* o *pre-test*, la cual consistió en la aplicación del cuestionario a una pequeña muestra preliminar de 20 individuos, con el fin de ajustar el cuestionario según explican Baptista, Fernández y Hernández (1998), y Notario (1999). Todo lo cual permitió obtener elementos complementarios sobre el problema, introducir o excluir indicadores y rediseñar preguntas.

En la prueba previa se evaluaron los siguientes aspectos:

- En el cuestionario o plan del cuestionario:
 - a. Reacción en el encuestado.

- b. Hora, día y lugar adecuados.
- c. Orden de las preguntas.
- d. Motivación.
- e. Extensión.
- En las preguntas:
 - a. Si es necesaria.
 - b. Si es clara y precisa.
 - c. Si deben agregarse.
 - d. Si hay suficientes respuestas alternativas.
 - e. Si hay espacio suficiente para responder las preguntas abiertas.

2.1.2.- Determinación del tamaño de la muestra y tipo de muestreo.

Después de aplicada la prueba previa y de rediseñado el cuestionario, éste se aplicó a la muestra total determinada a través de la fórmula uno que se presenta a continuación, planteada para estudios sociales en poblaciones finitas o conocidas, por Calero (1978). Es importante señalar que en esta muestra fueron excluidos los individuos seleccionados para el pre – test, siguiendo las sugerencias de los autores que recomiendan la prueba previa, referenciados en el acápite anterior.

$$n = \frac{\left(\frac{Z_{1-\alpha/2}}{d} \right)^2 * P(1-P)}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{Z_{1-\alpha/2}}{d} \right)^2 * P(1-P) - \frac{1}{N}} \quad - (1)$$

Dónde: **N**: es la población. **α**: Nivel de significación (0.05 para un 95% de confianza), **d**: Precisión (0.05), **p**: Valor de probabilidad a partir del cual se encuentra el tamaño de muestra máximo (0.5) y **Z**: Estadígrafo de decisión.

El tipo de muestreo realizado para el caso del trabajo con los grupos de interés fue aleatorio estratificado para un nivel de significación de un 5% ($\alpha=0,05$) y una

precisión de 0,05, con fijación al tamaño del estrato. El cálculo del tamaño de muestra de los estratos se realizó con colocación o fijación proporcional. En este caso, los estratos se definieron de acuerdo a las categorías ocupacionales en: n_1 , primer estrato (Directivos); n_2 , segundo estrato (Especialistas y Técnicos).

De una población total de 698 empleados de los grupos de interés, resultó como tamaño de muestra 127 personas, cuyos estratos fueron:

- n_1 = 36 directivos.
- n_2 = 91 especialistas y técnicos.

Para el caso del trabajo con las comunidades se decidió trabajar con la población total (121 personas mayores de edad), al contarse con recursos financieros suficientes para encuestar a todos los comunitarios y por la importancia de sus opiniones para el desarrollo de los principios metodológicos.

2.1.3.- Aplicación de los instrumentos para la recopilación de la información.

Como se expresó anteriormente, los instrumentos principales utilizados fueron los cuestionarios (anexo 1 y 2), los cuales se adecuaron para su aplicación de acuerdo con los resultados y las conclusiones de la prueba previa aplicada en la fase anterior.

Para la recopilación de la información se seleccionó también como método la encuesta, en este caso mediante cuestionarios del tipo grupal, que se caracterizaron según Notario (1999) por “contener encabezamiento con una solicitud de cooperación y veracidad dirigido a los encuestados, debe aplicarse en el lugar y momento apropiados para una mayor colaboración y el lenguaje utilizado debe ser adecuado y en correspondencia al nivel intelectual de los encuestados”.

Los cuestionarios se estructuraron en preguntas, las cuales, según el objetivo, fueron *esenciales* (aquellas relacionadas directamente con la problemática a resolver y los objetivos definidos). Según su naturaleza las preguntas fueron de *intención* u *opinión* (aquellas relacionadas con el propósito, decisiones, proyectos,

juicios, valoraciones y críticas de los encuestados) y según la forma las preguntas fueron:

- *Abiertas*: pues permitieron al encuestado exponer libremente sus consideraciones e informaciones.
- *Cerradas*: pues incluían las posibles respuestas que podían ser seleccionadas por el encuestado. A su vez, las preguntas cerradas que se usaron fueron de los tipos:
 - a. *Bivalentes*: daban dos posibles respuestas, las cuales eran, por supuesto, excluyentes y antónimas.
 - b. *Con alternativas excluyentes*: ofrecían varias respuestas posibles pero que se rechazaban mutuamente de modo que el encuestado solo tuvo la posibilidad de seleccionar una de ellas.
- *Semicerradas*: brindaban respuestas prediseñadas pero también posibilitaban emitir una no contenida en la guía o aclaraciones, profundizaciones y abstenciones.

2.1.4.- Procesamiento de la información.

Para el procesamiento de la información se aplicó primeramente la técnica de la *reducción de listado* (Arencibia y Sánchez, 2005), la que consistió en el trabajo con el listado resultante de las opiniones recopiladas mediante los cuestionarios para esclarecer las opiniones, de manera que se integraran y complementaran las ideas de la lista y se redujera, posteriormente, a una cifra manejable de criterios.

En este caso se identificaron algunos “filtros”; que fueron criterios a cumplirse para que un aspecto se mantuviera bajo consideración. Los “filtros” aplicados fueron:

- ¿Es este aspecto relevante entre los demás?
- ¿Se encuentra bajo control o influencia de la organización?

- ¿Vale la pena resolverlo?
- ¿Hay probabilidades de resolverlo?
- ¿Es factible, se poseen los recursos necesarios?

Posteriormente los criterios resultantes fueron sometidos a pruebas estadísticas utilizando el paquete *SPSS versión 15.0 en español para Windows*.

Inventario florístico.

Para realizar el inventario florístico de la vegetación aledaña al pasivo ambiental se establecieron 6 parcelas cuadradas de 10 x 10m² distribuidas alrededor de todo el pasivo ambiental. Se efectuó un conteo físico por especie en cada uno de los estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo). Con los resultados del inventario se determinó el índice de diversidad de Simpson, Shannon y Rarefacción; lo cual fue posible utilizando el programa BioDiversity profesional 1997.

Para determinar la abundancia se utilizó el índice de Shannon (Shannon-Weaver, 1949). Este índice transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Magurran, 1988). El mismo se expresa de la siguiente manera:

$$H = -\sum P_i \ln P_i$$

$$P_i = N_i/N$$

Donde:

P_i = Número de individuos de cada especie.

N_i = Número de individuos de la especie.

N = Número total de individuos de la muestra.

Para la dominancia se determinó el Índice de Simpson, el cual está influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988).

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de equitatividad y toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie.

Para la riqueza se determinó el índice de rarefacción, el cual consiste en graficar las curvas de acumulación de especies utilizando el número de individuos (Colwell, 1997).

Clima.

Para la caracterización del clima de la zona de estudio se tomaron datos de las precipitaciones, temperatura, humedad relativa y dirección de los vientos de la estación meteorológica: La Quinua y Hualgayoc en los últimos 10 años. Después de obtener los datos de las estaciones se procesaron los mismos mediante el uso del software ClimoPro v. 2.1

Suelos.

De acuerdo al mapa de suelos presentes en el área, elaborado por el CESEL Ingenieros 2006 (Anexo 3). En el área de estudio predomina el grupo de suelos del tipo Paramosol, siendo subdominantes los suelos del grupo Litosol éutrico, los cuales se han desarrollado a partir de materiales volcánicos (calizas, areniscas y cuarcitas). Estos se encuentran en las laderas de colinas y montañas fuertemente inclinadas a extremadamente empinadas.

Capacidad de uso mayor de los suelos.

La clasificación de los suelos según la capacidad de uso mayor es un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo basado en la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente bajo tratamientos continuos y usos específicos. Este sistema agrupa diferentes suelos con el fin de

mostrar sus usos y problemas, brindando orientación sobre las necesidades de prácticas de manejo adecuadas. De acuerdo al mapa de uso de suelo presente en el área, elaborado por CESEL Ingenieros. En la zona de estudio predominan los grupos P, A y X. En la tabla 1, se muestra la descripción del uso del suelo de la zona de estudio, según su grupo, clase y subclase.

Tabla 1.- Capacidad de uso de suelos en la desmontera Lola 33.

Grupo	Clase	Subclases	Descripción
P	P3	P3sec	Tierras Aptas para pastos de calidad agrológica baja y deficiencia o limitación por suelo – erosión – clima
A	A3	A3sec	Tierras aptas para cultivos en limpio de calidad agrológica baja y deficiencia o limitación por suelo – erosión – clima.
X	X	Xse	Tierras de Protección con deficiencia o limitación por el suelo

Determinación de potencial neto de neutralización.

Para analizar el potencial neto de neutralización se realizó una calicata en el pasivo ambiental y se tomaron 500 gramos de suelo, los cuales fueron enviados al laboratorio Nkap Srlta- Cajamarca para ser analizados.

Este análisis se basa en el test ABA, el cual mide el potencial de generación ácida, denominado Acid-Base Account (ABA), y se basa en un balance entre los componentes de la muestra potencialmente generadores de ácido (potencial de acidificación, PA) y los componentes neutralizantes de ácidos (potencial de neutralización, PN).

La determinación del potencial de acidificación se realizó basándose en el análisis químico de la muestra por azufre total y azufre como sulfato, y de esta manera se calculó por diferencia el azufre como sulfuro, que sirve de base para el cálculo del

El test estático permite categorizar los materiales en tres grupos:

Potencial marginal de generación de ácido, cuando $PNN < 20$ y $1 < PN/PA < 3$

Alto potencial de generación de ácido, cuando $PNN < 0$ y $PN/PA < 1$.

Para determinar las propiedades físico-químicas del suelo el área se dividió en tres subzonas según la pendiente y accesibilidad (figura 2).

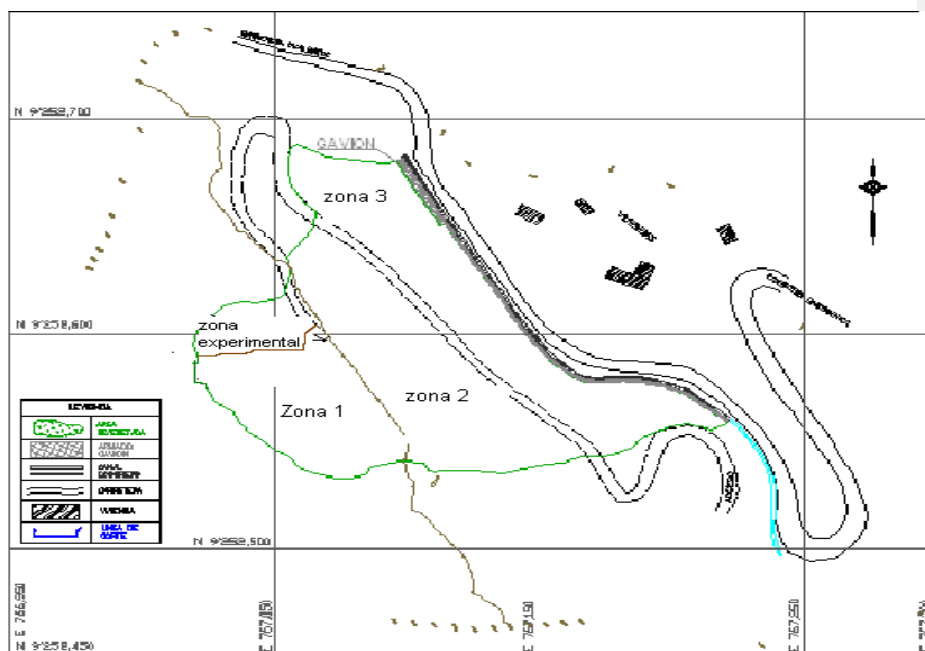


Figura 2. Zonificación del área de estudio.

Posteriormente se tomaron al azar tres muestras de suelo por cada una de las subzonas. La caracterización física y química se efectuó en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigación Agraria y en el laboratorio Nkap SRL, utilizando los siguientes métodos:

- Método del Potenciómetro para determinar el grado de acidez (pH).
- Método de Olsen, Morgan y B para la determinación de las formas móviles de fósforo y potasio.
- Método de Schachtschabel por fotometría de llama para la determinación de los cationes intercambiables (Na^+ y K^+).
- Método EPA-2007 para determinar la capacidad de intercambio catiónico
- Método Walkey – Black para determinar la materia orgánica.
- Método de SPECTRO GENESIS – EOP para la determinación de metales pesados por ICP.

Determinación del tipo de cobertura.

Para determinar el tipo de cobertura se siguieron los criterios establecidos en el Plan de cierre de la unidad minera Colquirrumi (Informe final, 1 Noviembre 2006) realizado por CESEL Ingenieros, determinando el número de capas a colocar y espesor de las mismas.

Procedimiento para las medidas de conservación de suelo.

Se emplearon como medidas de conservación de suelos la construcción de terrazas, el establecimiento de barreras vivas, encalado y la fertilización.

Las terrazas fueron diseñadas a través de curvas de nivel, las cuales se trazaron con el equipo topográfico estación total. El distanciamiento fue calculado según las recomendaciones de (ADEFOR, 2006).

Para la confección de las mismas se emplearon como materiales pico, palas, pacas de arroz y estacas de madera.

Las barreras vivas se establecieron con *Polylepis racemosa* a un espaciamiento de 0,5 m entre ellas, siguiendo las recomendaciones de (ADEFOR, 2006).

Para la corrección de acidez se utilizó la técnica de encalado y para la fertilización se utilizó superguano y trifosfato.

Metodología para la revegetación.

Para establecer la revegetación se utilizó la guía ambiental para vegetación de áreas disturbadas por la industria minero metalúrgica del (MEM) Ministerio de Energía y Minas de Perú (2006). Se tuvieron en cuenta los criterios del plan de cierre de pasivos ambientales mineros de la unidad minera Colquirrumi, modificado por la autora. Para ello se seleccionaron las especies según la característica de cada subzona incluyendo especies exóticas y nativas, distribuyéndose de la siguiente manera:

Siembra indirecta: Empleando el método al boleó, las especies sembradas mediante este método fueron: (*Trifolium pratense*, *Dactylis glomerata* y *Lolium multiflorum*).

Siembra directa: Para el caso de *Lupinus sp.*

En cepellón para *Pinus pátula* y para plantas producidas a raíz desnuda como el caso de *Polylepis racemosa*.

Además se tuvo en cuenta la clasificación de las regiones y hábitats ecológicos según Brack (1986) y Vidal (1981). Una vez establecida la vegetación se midió la altura de las plantas y la supervivencia durante cuatro meses.

Posterior a la revegetación se realizaron conteos de supervivencia a través del conteo total de las especies arbóreas. Para la medición de las especies, se realizó mediante el uso de la cinta métrica, midiendo la altura desde la base.

Procesamiento estadístico.

Toda la información obtenida fue procesada utilizando el paquete estadístico SPSS versión 15.0.

Se realizó un dendrograma con el objetivo de mostrar la similitud entre especies florísticas utilizando el índice de afinidad de distancia euclidiana y el método de ligamiento de promedio entre grupos.

Con los datos medios de suelo en cada una de las subzonas se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad.

Con los datos de crecimiento en altura se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Situación del pasivo ambiental y percepción de cambios del paisaje.

El cambio del paisaje y el ecosistema existente en las zonas mineras constituye un elemento clave para la toma de decisiones respecto a la recuperación de los pasivos mineros. La percepción de estos, depende en gran medida de los años que los trabajadores de los diferentes grupos de interés llevan directamente relacionados con la zona. La figura 3, permite corroborar el planteamiento anterior al observarse los mayores conteos de casos para la opción de “mucho” en el grupo de encuestados con más de 10 años de experiencia de trabajo en la zona, una irregularidad en las opciones seleccionadas por el grupo de 5 a 10 años, y una mayor para el grupo de menos de 5 años. Todo lo cual indica que el paisaje y los ecosistemas asociados han cambiado y los diferentes grupos de interés lo han percibido.

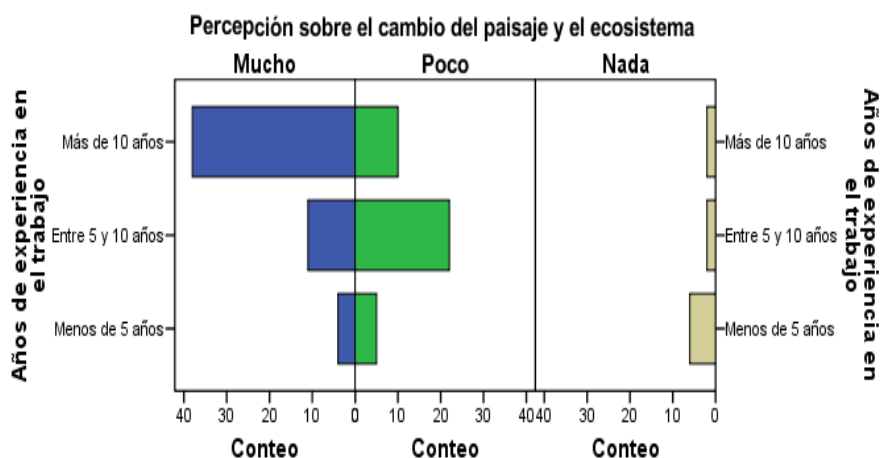


Figura 3.- Percepción sobre el cambio del paisaje y el ecosistema por los encuestados de los diferentes grupos de interés.

Considerando el análisis anterior, se derivó la necesidad de conocer cuál es criterio de los diferentes grupos sobre la rehabilitación de los pasivos mineros, que, como indica la figura 4, los conteos de casos para especialistas y técnicos registran la prevalencia de los criterios de “muy necesario” y “necesario”, a diferencia de los directivos que presentan una dispersión notable.

De esta situación se infiere que los directivos pertenecientes a las organizaciones territoriales presentan opiniones negativas y diferentes a lo que expresan los directivos de las organizaciones privadas y públicas, en esencia, influenciados fuertemente por la Ley 28271. Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera; la misma que los obliga a la adopción de posiciones positivas y pro ambientalistas.

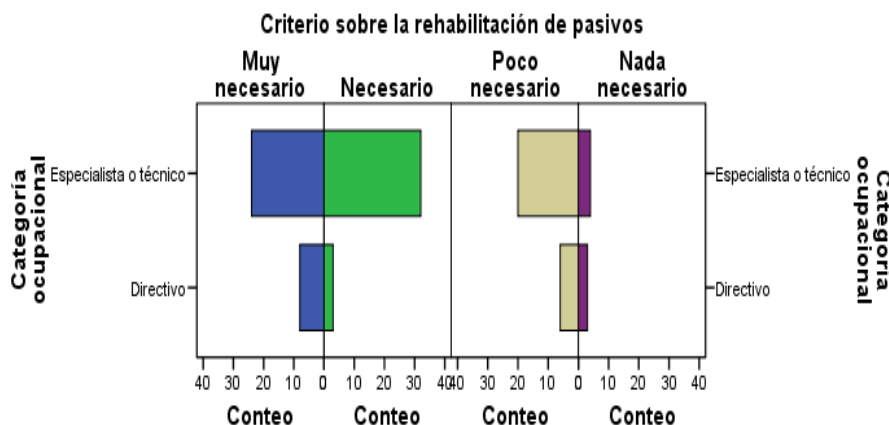


Figura. 4.- Criterio de los encuestados sobre la rehabilitación de los pasivos.

Un tercer aspecto a evaluar fue el criterio sobre cuál o cuáles instituciones presentan la mayor responsabilidad con respecto a la rehabilitación de los pasivos mineros. Al observarse la figura 5, se puede identificar que se forma una primera pila con el mayor número de casos en el conteo de los encuestados para el grupo que posee más de diez años de experiencia en el trabajo y el de 5 a 10 años, lo cual es un fuerte indicio de que han sido las instituciones privadas las

responsables de los problemas existentes al haberse realizado, por su parte, una explotación minera sin responsabilidad ambiental.

Lo expuesto anteriormente se corrobora con la línea de acumulado, la cual se parte en más del 70% de los casos para la primera pila, que amontona los criterios que indican que son las instituciones privadas las más responsables.

En menor medida, los valores de frecuencia y los porcentajes que indica la línea de acumulado, refieren en segundo grado de responsabilidad a las instituciones públicas y menos relevantes el resto de las instituciones, estas últimas basadas en el criterio de que han sido las organizaciones territoriales las más afectadas y las menos responsables con respecto a los problemas mineros, sin embargo son éstas las que más reclaman su saneamiento.

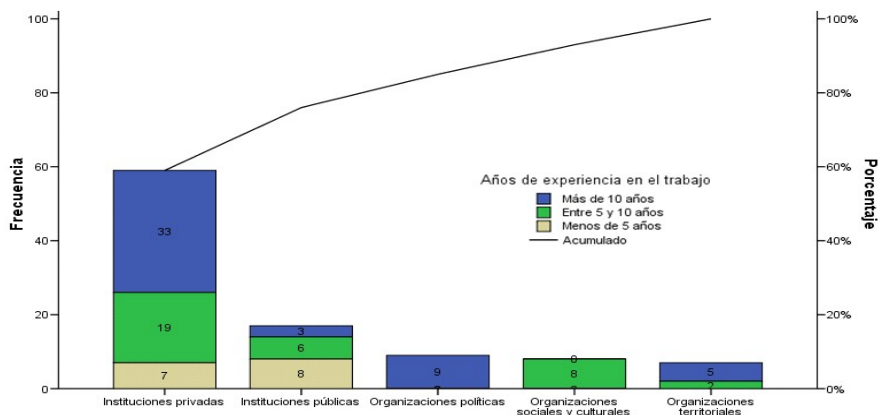


Figura 5.- Criterio de los encuestados sobre las instituciones más responsables de la rehabilitación de los pasivos.

Otro aspecto importante a saber fue el grado de concientización de los diferentes grupos de interés con su participación en la rehabilitación. En la figura 6 se observa que la mayoría de los grupos puede participar activamente y en algunas acciones, la mayoría de los casos que refieren que las instituciones pueden participar activamente se agrupan en la categoría ocupacional de especialistas y técnicos, lo cual significa que este grupo es más consciente de la necesidad de

que todas las instituciones participen activamente en la recuperación de los pasivos.



Figura 6.- Grado de concientización de los GI con respecto a la participación de las instituciones en la rehabilitación.

Por otro lado es importante significar que existe un grupo de especialistas, técnicos y directivos que plantean que las instituciones no pueden participar, principalmente estos pertenecen a instituciones políticas y territoriales los cuales por su posición anti minera rechazan cualquier actividad propiciada por la minería.

En otro orden de análisis, la tabla de contingencia que se representa en la tabla 2, permite asegurar que los criterios emitidos por los encuestados sobre la rehabilitación del paisaje están determinados significativamente por la percepción del cambio del paisaje, pues como se observan los valores de correlación de Pearson son mayores de 0,7, asumiéndose la hipótesis alternativa basa en una aproximación normal.

Tabla. 2.- Influencia de la percepción sobre el cambio del paisaje y el ecosistema respecto al criterio sobre la rehabilitación de pasivos.

		Criterio sobre la rehabilitación de pasivos				Total
		Muy necesario	Necesario	Poco necesario	Nada necesario	Muy necesario
Percepción sobre el cambio del paisaje y el ecosistema	Mucho	32	19	2	0	53
	Poco Nada	0	14	20	3	37
Total		32	33	22	3	90
			Valor	Error tip. asint.(a)	T aproximada(b)	Sig. aproximada
R de Pearson			.737	.046	10.801	.000(c)

a Asumiendo la hipótesis alternativa.

b Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

c Basada en la aproximación normal.

El uso de la revegetación, también se consideró como un aspecto a ser valorado por los directivos, los especialistas y técnicos a través del cuestionario (figura 7).

La revegetación de áreas degradadas por la actividad minera es de primordial importancia en los proyectos de rehabilitación, y debe ser planificada para que al cierre de la mina puedan realizarse acciones que aseguren una mayor probabilidad de ser auto sostenibles en el largo plazo (Guevara *et al*, 2005).

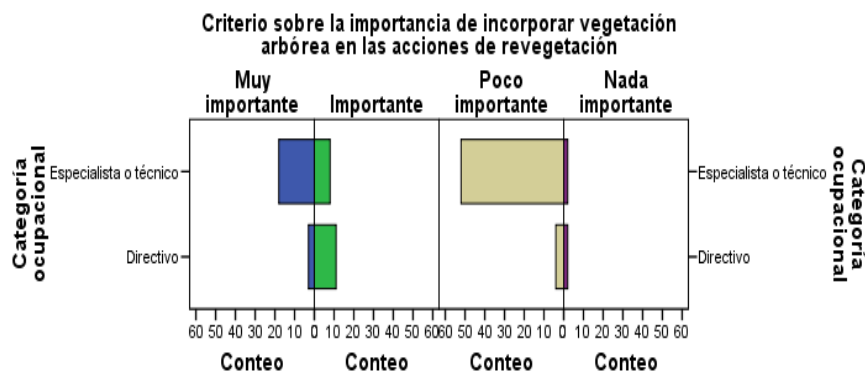


Figura. 7.- Criterios de los encuestados respecto a la revegetación arbórea.

Del análisis de la figura 7, se obtiene que la mayoría de los grupos consideran poco importante la incorporación de los árboles a los trabajos de revegetación, dentro de ellos predominan los casos del grupo de especialistas o técnicos, esto pudiera entenderse debido a la poca experiencia con acciones que incluyan árboles, cabe destacar, además que dentro de las guías dadas por el MEM en trabajos de rehabilitación minera, no se recomienda la incorporación de árboles en este tipo de trabajos.

Por otra parte, existen los grupos de especialistas o técnicos de instituciones públicas o territoriales como son las municipalidades, las rondas campesinas, la fiscalía de pueblo, ONG's y otras, que si consideran como importante y muy importante este aspecto. De aquí se desprende la necesidad de incorporar proyectos de reforestación o forestación y trabajos de educación ambiental en toda la zona.

En el caso de los directivos, la mayoría de los conteos sugieren posiciones acorde con los intereses de cada uno, presentándose cierta irregularidad y dispersión en sus criterios.

Para desarrollar un análisis completo y desde todas las aristas posibles, la aplicación del cuestionario para los comunitarios residentes en las zonas afectadas por la actividad minera, resultó muy conveniente, arrojando como resultados fundamentales los que a continuación se discuten.

En primer lugar, los principales cambios del paisaje y el ecosistema han sido percibidos con mayor intensidad por los comunitarios que han vivido por más de 30 años en la zona, aunque de forma general, todos han notado un cambio en alguna medida en el paisaje según se corrobora en los conteos que se registran en la figura 8.

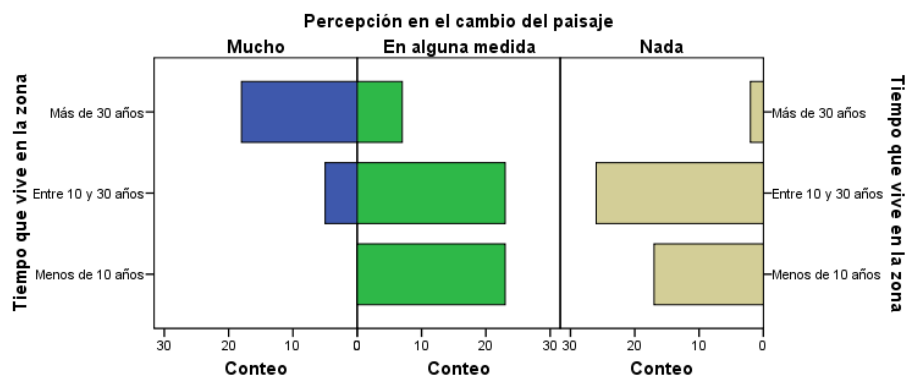


Figura. 8.- Percepción de los comunitarios en cuanto al cambio del paisaje.

También hay un grupo importante de personas entre los grupos de menos de 30 años de residencia que señalan que no han existido cambios en la zona, esto se puede explicar debido a que en la provincia de Hualgayoc la actividad minera ha estado presente desde tiempos coloniales y constituye el sustento de muchas familias, por lo tanto sus criterios se limitan a las consecuencias de la actividad minera.

Otro aspecto examinado fue la actitud de los comunitarios respecto al problema de los pasivos mineros y su rehabilitación. El análisis de Pareto apilado que se representa en la figura 9, con los grupos etáreos como la variable definitoria de las pilas, indica la prevalencia de una actitud positiva hacia la rehabilitación, de acuerdo a la cantidad de casos reportados en los tres grupos etáreos que conforman la primera pila, esto se corrobora con la tendencia de la curva de acumulado, la cual se parte en alrededor del 90% de los casos para esta pila.

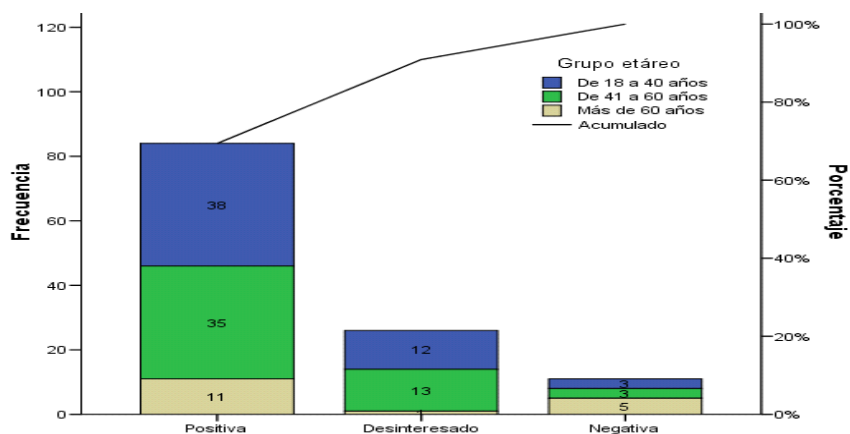


Figura. 9.- Actitud de los comunitarios frente a la rehabilitación de los pasivos mineros.

Es importante señalar como los grupos etáreos de menos de 60 años de edad muestran un número de casos, que si bien desde el punto de vista porcentual no es significativo, en la práctica social indican que existen todavía comunitarios desinteresados o con actitudes negativas hacia un problema ambiental local que afecta directamente a la comunidad; esto sienta las bases de cuán importante es desarrollar acciones de educación y gestión ambiental con participación comunitaria.

Guadalupe y Carrillo (2008), señalan que sólo el paradigma de la educación puede hacer cambiar la mala percepción de la población respecto a la minería y entender que puede coexistir ésta, de manera armoniosa, con otras actividades que realiza el hombre. Las empresas mineras deben de cambiar el paradigma del asistencialismo, que significa construir colegios, carreteras, iglesias y otras actividades, a un paradigma que implique que sólo la educación logrará cambiar el punto de vista de la población respecto a la minería; toda obra civil o de asistencia social debe ser complementaria al proceso educativo, porque la educación debe ser el eje principal, pues de otra manera la minería estará siempre amenazada.

Una vez caracterizada la actitud de los comunitarios frente al problema se procedió a indagar sobre su actitud, frente a las tareas de recuperación de los pasivos, para el mismo, se realizó una clasificación a través de un árbol de análisis con el método CHAID, como se indica en la figura 10. En la misma se observa en el nodo filial (0) el predominio de casos que muestran una actitud positiva pero no voluntaria, influenciada, fundamentalmente, por los conteos reportados en el primer nodo terminal que se formó con los conteos del grupo etéreo de 18 a 40 años de edad, este aspecto está relacionado con las necesidades económicas de los comunitarios en edad laboral que generalmente llevan el peso de la economía del hogar y exigen remuneración por todas las actividades que realicen, independientemente de su conciencia sobre el problema y mucho más porque, tradicionalmente, ellos conocen que las actividades mineras son mejor remuneradas que el resto. Sin embargo el nodo 2 apunta un conteo diferente, donde predominan los criterios de actitudes positivas y voluntarias, pues este se formó con los grupos etéreos restantes, que incluyen las personas más adultas de la comunidad y que lógicamente no son los protagonistas en la economía de casi ninguna familia.

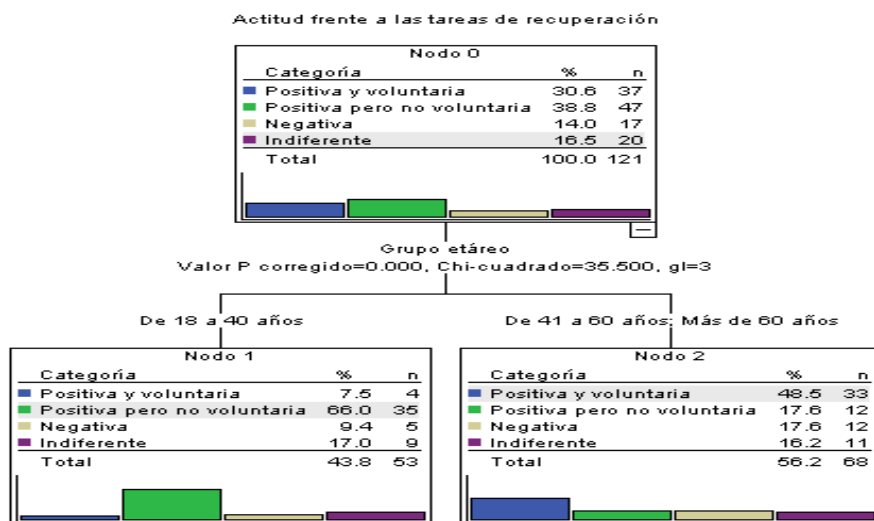


Figura. 10.- Actitud de los comunitarios frente a las tareas de rehabilitación.

Inventario florístico

En el anexo 4, se muestra el listado de especies y las familias del inventario florístico realizado en zonas aledañas al pasivo ambiental. La figura 11 muestra un total de 13 familias, 38 especies y 11 338 individuos, para los tres estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo, resultando el estrato herbáceo el más representativo, donde predominan las familias *Asteraceae*, *Poaceae* y *Cyperaceae*, con un total de 38 especies. Esto se corresponde con el informe del plan de Cierre de la unidad minera presentado ante el Ministerio de Energía y Minas de Perú en el 2006, donde reporta que el escenario vegetal está constituido por una mezcla de gramíneas y otras hierbas de hábitat perenne y la existencia de algunos estratos arbustivos propios de las zonas altas andinas.

En general la cobertura vegetal es homogénea y está dominada por pastos naturales altos dependiente de las estaciones de lluvia a lo largo del año. Estos resultados indican que esta área es pobre florísticamente. Sánchez y Dillon (2006), reportan especies en las jalcas (región de los andes que se ubica entre los 3,500 msnm y los 4,000 msnm) durante sucesivas exploraciones desde la década del 1970, donde las *Asteraceae* y *Poaceae* son las más representativas, alcanzando del 19-20% del total de especies indicadas; seguido de las *Apiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae* y *Valerianaceae* y las demás familias, que son la mayoría y tienen entre 1-5 especies.

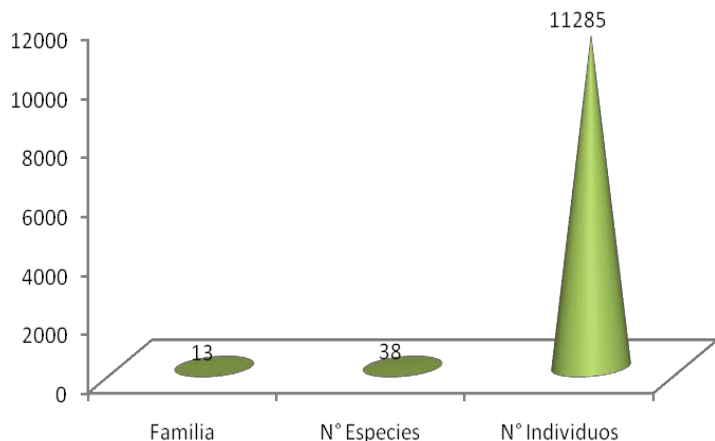


Figura 11.- Número de familias, especies e individuos presentes en zonas aledañas al pasivo

Diversidad de especies.

Diversidad Alfa.

La diversidad biológica actual es el resultado de un complejo e irrepetible proceso evolutivo que trasciende el marco de estudio de la ecología. Las herramientas utilizadas en estudios de diversidad necesitan de métodos más eficaces para medir la variación de atributos biológicos (Moreno, 2001).

El índice de Shannon-Wiener, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra; mide el grado promedio de incertidumbre de predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Baev y Penev, 1995).

Por otra parte se encuentran los índices basados en la dominancia, inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad los cuales toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Dentro de los cuales se puede citar el índice de Simpson, el cual expresa la probabilidad de que dos individuos tomados

al azar de una muestra sean de la misma especie y está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1975).

En la tabla 3, se muestran los valores obtenidos de los índices de diversidad Shannon y Simpson, reflejando los niveles de abundancia y dominancia de las especies en cada una de las parcelas del muestreo.

Tabla 3.- Valores medios de dominancia y diversidad por localidad (Índice de Simpson y Shannon).

Parcelas	Shannon	Simpson		
	Diversidad (H)	Máximo de diversidad (H Max)	de Dominancia (D)	Abundancia (1/D)
P1	1,23	1,30	0,07	14,84
P2	1,31	1,38	0,05	18,51
P3	0,81	1,20	0,22	4,66
P4	0,79	1,18	0,20	4,91
P5	0,37	1,08	0,58	1,72
P6	0,34	0,85	0,58	1,73

Los resultados de la tabla anterior indican que las parcelas uno y dos son las de mayor diversidad con valores de 1,23 y 1,31 respectivamente, con una diversidad máxima de 1,30 y 1,38. Esto se debe a que dichas parcelas corresponden a la parte superior del pasivo donde la actividad antropogénica es menor por la topografía existente, además que la influencia de la minería es casi nula. Aún así se considera que la abundancia es baja ya que la diversidad está expresada con valores por debajo de dos, según reportes de Bonet (2002).

Las parcelas cinco y seis resultan las de mayor valor de dominancia y a la vez las de menor abundancia, corroborando lo expresado por Magurran (1988).

La diversidad es una expresión de la estructura que resulta de las formas de interacción entre elementos de un sistema. Teóricamente se postula, que a mayor diversidad, mayor estabilidad ecológica, mayor productividad y mayor resistencia

frente a la invasión de especies exóticas (Tilman et al, 1998) Sin embargo los resultados obtenidos en el estudio indican que no existe una correspondencia entre las áreas de mayor diversidad con la productividad. Esto se debe a que en estas parcelas únicamente existe presencia de vegetación herbácea. Es importante destacar el comportamiento en cuanto a diversidad en las parcelas cuatro, cinco y seis. En el caso de las parcelas cuatro y cinco es donde único se observó la presencia de especies arbóreas en el muestreo, lo cual debiera significar la presencia de mayor biodiversidad en la parcela, no obstante la proporción de especies presentes es escasa, esto responde a que tanto las especies arbóreas como las herbáceas son plantaciones establecidas por los pobladores de la zona para el aprovechamiento de las mismas. La parcela seis representa un área de calvero muy alterada por la contaminación minera donde la presencia de flora es visible únicamente en un área cercana a otra parcela.

Por otra parte cabe destacar que la mayor diversidad se obtiene en los ecótopos superiores donde se encuentran especies muy dominantes y especializadas en ese tipo de suelo a diferencia de los resultados expuestos por Herrera y García (1995), que plantea que en el complejo de formación vegetal de mogotes han encontrado que en los ecótopos superiores como ladera y cima, la diversidad de especies es menor que en la base.

En la figura (12) se muestra la curva de rarefacción para comparar la riqueza de especies en cada una de las parcelas muestreadas, indicando que el número común de individuos para las seis parcelas es de 487, la menor riqueza se presenta en la parcela número seis con siete especies, y la mayor para la parcela uno. Moreno (2001), refiere que para alcanzar la riqueza máxima esperada los fragmentos de mayor tamaño necesitaran mayor esfuerzo de muestreo en relación a los fragmentos más pequeños.

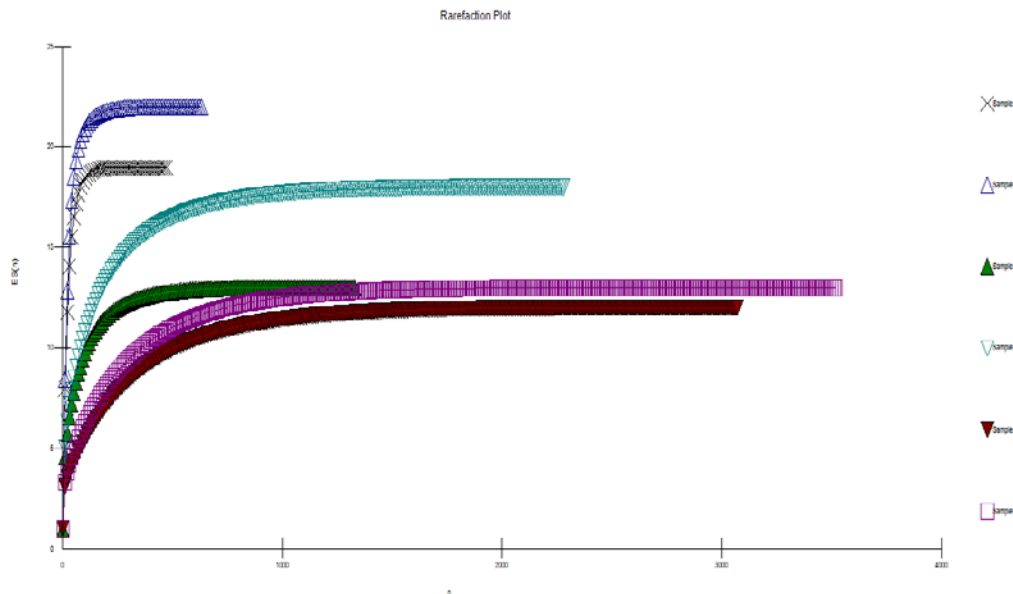


Figura 12.- Curvas de rarefacción que muestra la riqueza de especies para las parcelas de muestreo.

En la figura anterior se puede observar que la parcela con mayor número de especies es la parcela dos, seguida por la parcela uno, cuatro, cinco y seis. Así mismo se puede observar que la parcela con mayor número de individuos es la seis, cabe resaltar que esta parcela muestra mayor cantidad de individuos debido a la presencia de las gramíneas macollantes que existen en la zona, sin embargo, las mismas pertenecen a una sola especie siendo una de las parcelas de menor diversidad junto a la parcela cinco. Cabe resaltar que las parcelas con mayor número de individuos presentan la mayoría de sus especies en el estrato herbáceo, sin embargo la presencia de vegetación arbustiva solo se reporta en las parcelas cuatro y cinco y con pequeñas cantidades en la parcela tres.

Diversidad Beta o similitud

El análisis de similitud o diversidad beta (figura 13), indica la formación de dos grupos de relaciones florísticas, uno constituido por las parcelas uno y dos y otro por las parcelas tres, cuatro, cinco y seis, existiendo en estas dos últimas una

divergencia significativa, lo cual indica que la composición de especies es muy diferente en las zonas aledañas al pasivo ambiental, existiendo parcelas como la seis donde solamente comparte siete especies del total. Estos niveles de similitud, considerando como agrupamiento las parcelas cuyo porcentaje fue mayor del 50%, demuestran que la asociación en un mismo conglomerado pudiera deberse a las características del suelo y en particular a los horizontes presentes del mismo que hacen más vulnerable la presencia de determinadas especies.

Álvarez (1995), plantea que la distancia euclidiana por su parte mide la proximidad entre casos o grupos de casos y sus valores crecen en función de la distancia.

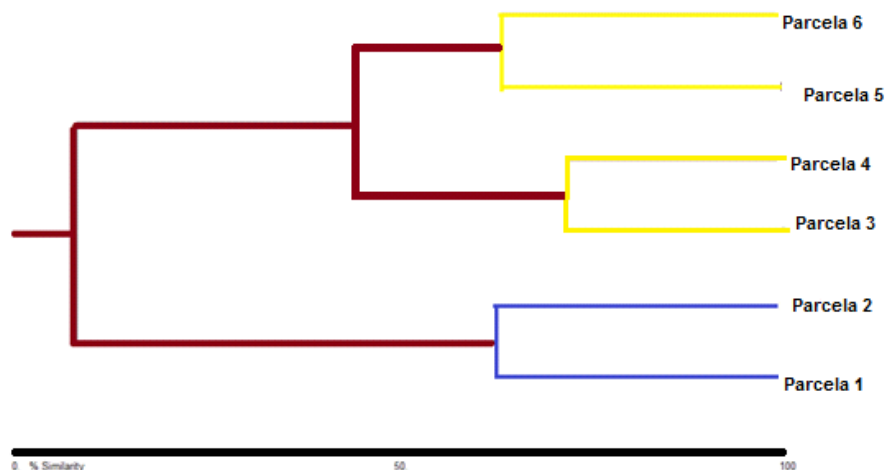


Figura 13.- Dendrograma de clasificación de las parcelas según la composición de especies.

Clima.

El clima es el factor más determinante para la selección de las especies de plantas que se van a seleccionar para la revegetación de coberturas de relaves y rocas de desmonte, considerando que las actividades mineras están ubicadas principalmente en las zonas altas de los andes, donde el clima es generalmente

frígido a templado frío, con un régimen de distribución de lluvias escasas e irregulares, y con cierta frecuencia de sequías y heladas, represente en muchos casos el factor más limitante.

La figura 14 representa el climodiagrama con los valores promedios de precipitación y temperatura de los últimos 5 años.

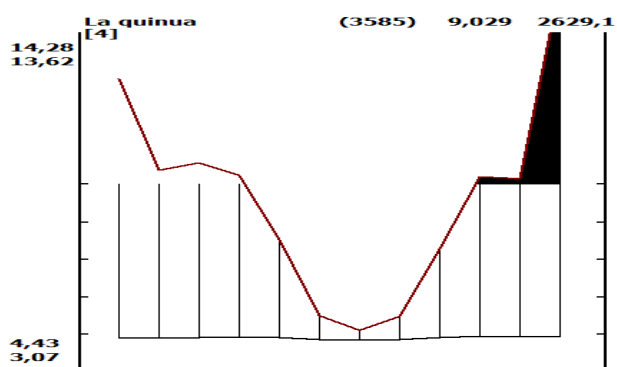


Figura 14.- Climodiagrama.

Los resultados del climodiagrama indican que el periodo lluvioso está comprendido entre los meses octubre – diciembre prolongándose hasta el mes de abril. Los meses donde se presenta mayor periodo de estiaje corresponde a junio, julio y agosto. En estas estaciones se puede observar que la precipitación es casi uniforme a través del año, en la cual el período de estiaje no es tan marcado, pero puede satisfacer en cierta medida los requerimientos de agua de las especies vegetales en la zona, especialmente los pastos alto andinos. Así mismo se señala la existencia de heladas en la zona.

Potencial neto de neutralización.

En la tabla 4, se muestran los valores obtenidos del potencial neto de neutralización, obtenido mediante el test ABA.

Tabla 4.- Valores de PNN.

Parámetro	Simbolo	Unidad	NKAP	Suelo limpio
Potencial Neto de Neutralización Neto (NNP)	NNP	kgCaCO ₃ /Ton.	NKC	0.79
Potencial de Neutralización (NP)	(NP)	kgCaCO ₃ /Ton.	NKC	1.87
Potencial de Acidez Maximo (MPA)	MPA	kgCaCO ₃ /Ton.	NKC	1.09

El potencial de neutralización representa la cantidad total de minerales neutralizantes presentes en el material, principalmente carbonatos. En la tabla se observa que el potencial neto de neutralización tiene un valor de 0,79 lo que significa que se encuentra en el rango de potencial marginal de generación de ácido ($PNN < 20$ y $1 < PN/PA < 3$), según la metodología citada por el CIMM (2005), indicando que esta muestra presenta un comportamiento neutro en la generación de acidez.

Caracterización física y química del suelo

Los suelos de las jalcas, reconocidos como una zona de vida son muy variados debido a la complejidad de las condiciones geológicas, fisiográficas, climáticas y acciones antropogénicas a las que están sometidos (Sánchez y Dillón, 2006). Los suelos de las zonas alto andinas distribuidos en la cima de la cordillera son de textura ligera a mediana, generalmente de naturaleza ácida, alto contenido de materia orgánica; sin embargo, no siempre tienen alto contenido de nitrógeno.

Esta última característica se debe a las bajas temperaturas, que producen disminución de las actividades microbiológicas y hacen que la materia orgánica no

se descomponga adecuadamente, generando acumulación, con un incremento de la relación C-N. La riqueza de fósforo y potasio es variado y la reacción es ácida, con niveles variados de aluminio pero que sólo constituye limitante cuando los suelos tienen poca materia orgánica Sánchez y Dillón (2006).

En el área de estudio se han reconocido suelos derivados de areniscas, calizas y tufos volcánicos, debido a sus correspondientes tipos de roca parental, además existen suelos aluviales constituidos por depósitos recientes, arrastrados por los ríos y cauces de agua que atraviesan la zona.

En la tabla 5, se presentan los valores medios obtenidos del análisis físico-químico del suelo para las tres subzonas del pasivo ambiental.

Tabla 5.- Análisis físico-químico del suelo.

	P	K	pH	M.O	Al	Arena	Limo	Arcilla	Clase
Parcela	ppm	ppm		%	meq/100g	%	%	%	Textural
Lola 1	15,63 ^a	190,0 ^a	3,8 ^a	2,10 ^a	1,40 ^a	42 ^a	28 ^a	30 ^a	I
Lola 2	13,36 ^b	190,0 ^a	3,8 ^a	0,95 ^b	1,17 ^b	56 ^a	14 ^a	30 ^a	II
Lola 3	13,83 ^c	135,0 ^b	2,7 ^b	1,34 ^c	8,50 ^c	40 ^a	28 ^a	32 ^a	I
Parámetros descriptivos									
Desviación estándar	1,02	27,08	0,54	0,50	3,55	7,54	7,00	1,00	
Error estándar	0,29	7,82	0,16	0,14	1,02	2,51	2,33	0,33	

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan con una $p < 0,05$

I. Franco arcillosos; II. Franco arcillosos-arenoso

De la tabla 5, se infiere que son suelos ácidos, con contenidos medios de fósforo, bajo contenido de potasio y de materia orgánica. La materia orgánica del suelo es uno de sus constituyentes esenciales, su influencia sobre las características químicas y físicas de los suelos sobrepasa su participación cuantitativa, tanto en el régimen de los nutrientes como en la capacidad transformadora del suelo (Cairo y Fundora, 2007). Estos suelos presentan reacciones ácidas lo cual genera deficiencias en nutrientes, así mismo el contenido de nitrógeno es bajo, este hecho es frecuente en zonas frías donde por acción de bajas temperaturas la actividad biológica se reduce, lo que hace que poco nitrógeno se encuentre disponible como nitrógeno mineral NO_3^- , NO_2^- . Por ello los procesos de

amonificación y nitratación son severamente disminuidos. Se presentan diferencias significativas en los parámetros físicos y químicos, resultando la subzona Lola 3, con mayores diferencias, indicando ser el área de condiciones más extremas para el desarrollo de las especies.

La clase textural del suelo indica que la subzona Lola 1 y 3 se clasifica con suelos franco arcillosos, mientras que Lola 2 es un suelo franco arcilloso arenoso, el cual presenta más limitaciones en cuanto a la economía hídrica.

La tabla 6, muestra los resultados obtenidos de valores obtenidos de diferentes elementos químicos presentes en el suelo, observándose que los elementos con valores superiores en la zona de estudio resultaron ser: Al, As, Ca, P, Fe, Mn, Pb y Si.

Tabla 6.- Valores obtenidos de diferentes elementos químicos presentes en el suelo.

Metales Totales	Símbolo	Unidad	Valor
Aluminio	Al	mg/Kg	1478.115
Antimonio	Sb	mg/Kg	0.645
Arsénico	As	mg/Kg	67.446
Bario	Ba	mg/Kg	8.084
Berilio	Be	mg/Kg	N.D.
Cadmio	Cd	mg/Kg	0.198
Calcio	Ca	mg/Kg	597.346
Cerio	Ce	mg/Kg	1.736
Cobalto	Co	mg/Kg	0.496
Cobre	Cu	mg/Kg	26.383
Cromo	Cr	mg/Kg	0.843
Estaño	Sn	mg/Kg	N.D.
Estroncio	Sr	mg/Kg	0.942
Fósforo	P	mg/Kg	279672.886
Hierro	Fe	mg/Kg	4636.088
Litio	Li	mg/Kg	0.397
Magnesio	Mg	mg/Kg	62.884
Manganeso	Mn	mg/Kg	417.820
Mercurio	Hg	mg/Kg	0.397
Molibdeno	Mo	mg/Kg	N.D.
Níquel	Ni	mg/Kg	N.D.
Plata	Ag	mg/Kg	0.546
Plomo	Pb	mg/Kg	178.187
Potasio	K	mg/Kg	65.016
Selenio	Se	mg/Kg	N.D.
Silicio*	Si	mg/Kg	468.256
Sodio	Na	mg/Kg	N.D.
Talio	Tl	mg/Kg	N.D.
Titanio	Ti	mg/Kg	5.455
Vanadio	V	mg/Kg	2.281
Zinc	Zn	mg/Kg	52.023

Rodríguez y García (2006), refieren que en la legislación española existen límites establecidos para considerar un suelo contaminado en función del tipo de metal que se está analizando. En el caso del plomo (Pb), el valor máximo en suelos agrícolas debe ser menor a 50 mg/kg, cuando se trata de un pH menor a 7. En este caso los contenidos del mismo se encuentran por encima de la norma.

Tipo de cobertura.

Los resultados mostrados en las tablas 4,5 y 6 indican la necesidad de establecer un tipo de cobertura en el suelo. Siguiendo los criterios establecidos en el plan de cierre de la Unidad Minera Colquirrumi de la primera fase del 1 Noviembre 2005 realizado por CESEL Ingenieros, se seleccionó la cobertura Tipo III, compuesta por arcilla y topsoil.

En la figura (15), se muestra el tipo de cobertura utilizada, estableciendo una primera capa de 30 cm de alto compuesta por arcilla y una segunda capa de 40 cm de alto compuesta por topsoil, aunque en la subzona Lola 3 se le incorporó 5cm más de topsoil, debido a que resulta la de condiciones más extremas. En el informe de construcción de las desmonteras Lola 43 se estableció una cobertura similar compuesta por caliza, arcilla y topsoil, la cual ha mostrado excelentes resultados a la hora de la revegetación con pasturas (Santa María, 2009).

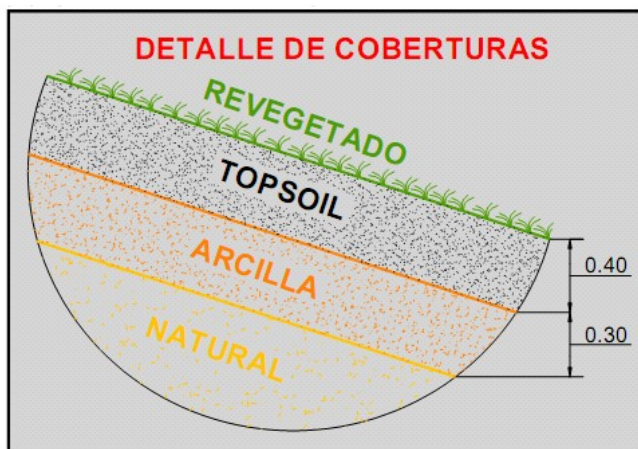


Figura 15.- Tipo de cobertura establecida para la zona de estudio.

Medidas de conservación de suelos.

Una de las acciones más importantes para la adecuación o rehabilitación de áreas disturbadas por la acción de la empresa minera es la revegetación concurrente, para lo cual es necesario colocar y estabilizar la capa orgánica (top soil) y plantar especies vegetales adaptables a las condiciones ecológicas y de rápido crecimiento para alcanzar en corto tiempo suficiente cobertura y por consiguiente rápida protección. En la tabla 7, se presentan las medidas de conservación de suelos empleadas en cada subzona, como vía para evitar la erosión del suelo y ayudar en la contención de la capa orgánica, empleando terrazas (figura 13 a y b), barreras vivas y una plantación a tres bolillos.

Tabla 7.- Medidas de conservación de suelo por subzonas.

Sub zona	Medida de conservación de suelo	Pendiente (%)	Distancia (m)	Cantidad (und)
1	Terrazas	13	10	2
	Plantación a tres bolillos siguiendo curvas de nivel	13	3x3	182
2	Terrazas	28,9	10	6
	Barreras vivas	28,9	10	6
3	Terrazas	46	7	6
	Barreras vivas	46	7	6

En la tabla anterior se puede observar que en la zona tres es donde existe menor distancia entre terrazas, debido a la pendiente máxima vertical (46%), aunque en la subzona uno la pendiente es menor y la distancia entre terrazas es igual a la dos, lo cual se debe a que esta se encuentra adyacente al cerro el cual presenta grietas por donde fluye el agua con bastante caudal y esta ayuda a mitigar el traslado de la capa fértil.

Según la experiencia recogida por la ONG ADEFOR (2006), en áreas disturbadas por la minería y con pendientes fuertes, el distanciamiento de las terrazas debe variar entre cinco y diez metros, mientras que en pendientes menos pronunciadas debe variar entre diez y veinte metros. En los trabajos

realizados en Maqui Maqui, se ha reportado buenos resultados en el empleo de estas barreras para la retención de semillas que pueden desplazarse por la pendiente del terreno y reducen la velocidad del agua de escurrimiento.



Figura 16 a y b.- Representación de las curvas de nivel y terrazas.

En la tabla 16 a y b, se presentan las medidas correctivas del suelo y el enriquecimiento del mismo para cada una de las subzonas de estudio.

Tabla 8.- Medidas correctivas del suelo.

Sub zona	Corrección Enriquecimiento	Producto empleado	Dosis
1	Encalado	Cal agrícola	1ton/ha
	Fertilización	superfosfato triple	0,3 tn/ha
		Súper guano	0,3 tn/ha
2	Encalado	Cal agrícola	1 ton/ha
	Fertilización	superfosfato triple	0,3 tn/ha
		Super guano	0,3 tn/ha
3	Encalado	Cal agrícola	2 tn/ha
	Fertilización	superfosfato triple	0,3 tn/ha
		Super guano	0,3 tn/ha

En la tabla anterior se aprecian las medidas correctivas del suelo. La primera medida fue el encalado (figura 14 a y b), con el objetivo de neutralizar la acidez del mismo y elevar el pH. Como se observa no se aplicó la misma dosis de cal en

todas las subzonas, debido a que en la tres se presenta una mayor cantidad de Al por lo que la dosis se elevó a 2 tn/ha. Los suelos con problemas de acidez, liberan metales pesados como selenio, cromo, níquel, cadmio, plomo, etc. y producen disminución en la disponibilidad de otros elementos necesarios para la planta como es el caso del fósforo, la cal favorece la descomposición rápida de la materia orgánica, aumenta la disponibilidad de nutrientes, aumenta la eficacia de los fertilizantes, disminuye la toxicidad del aluminio y del hierro lo cuál limita el desarrollo radicular de las plantas, además la cal mejora las condiciones físicas del suelo (Compañía de Minas Buenaventura, 2006).

El MEM (2006) en la guía de vegetación, señala que de acuerdo a las experiencias en Perú, se ha determinado que las cantidades que se recomiendan para el encalado de este tipo de suelo varían de 1 a 3 toneladas de cal/ha, lográndose con esta práctica elevar el pH a valores superiores a 5.5".



Figura 17 a y b.- Aplicación de encalado a la zona de estudio.

En el caso de la fertilización del suelo en todas las subzonas se usó una cantidad de 0,3 tn/ha respectivamente. Estos productos proporcionaran a las plantas los tres elementos principales para su desarrollo: fósforo, nitrógeno y potasio.

En las figuras 15 y 16, se observa el establecimiento de barreras vivas y la plantación a tres bolillos con *Polylepis racemosa*. Según el informe de auditoría ambiental realizado por INGETEC S.A a Minera Yanacocha (2008), en el caso de la revegetación permanente en áreas de adecuación final, se están empezando a

sembrar quinuales (*Polylepis sp*) tras las pacas de tamo de arroz para defenderlas de los vientos fuertes de la zona. Adicionalmente, en algunos sectores en proceso de adecuación se está ensayando la siembra de especies forestales, particularmente aliso (*Alnus acuminata*), sauco (*Sambucus peruviana*), pinos (*P. radiata*, *P. muricata*), ciprés (*Cupressus macrocarpa*) y eucalipto (*Eucaliptus globulus*).



Figura 18.- Barreras vivas.



Figura 19.- Plantación a tres bolillos.

Revegetación.

De acuerdo a las experiencias realizadas en Perú, para la revegetación de coberturas de relaves en las zonas alto andinas se indica que las especies vegetales a ser empleadas deben ser de preferencia especies herbáceas y en segundo caso arbustivas, inclusive en el caso de las especies herbáceas se debe procurar no utilizar aquellas que tengan raíces profundas como el caso de la alfalfa (*Medicago sativa*) (Pineda, 1999).

Johnson y Bradshaw (1979), señalan que la selección de especies está sujeta a los objetivos de uso del suelo en correspondencia con las características específicas del sitio y que las especies pioneras que invaden las zonas afectadas deben ser consideradas en primera instancia en los planes de revegetación. La tolerancia a bajos pH en los suelos, altas concentraciones de metales y bajos contenidos de nutrientes deben ser tomadas en cuenta en las áreas de minería de

hierro. En la tabla 9, se presentan las especies utilizadas para la revegetación, y el método de siembra para cada sub zona.

Tabla 9.-Especies utilizadas en la revegetación.

Sub Zona	Método de siembra	Especies	Cantidad
1	boleo	<i>Trifolium pratense</i>	3.3 Kg/ha
	partes vegetativas	<i>Polylepis racemosa</i>	144 Und
2	boleo	<i>Dactilis glomerata</i>	0.4Kg/ha
	boleo	<i>Trifolium pratense</i>	3.3 Kg/ha
	boleo	<i>Lolium multiflorum</i>	20 Kg/ha
3	boleo	<i>Dactilis glomerata</i>	0.4 Kg/ha
	boleo	<i>Trifolium pratense</i>	3.3 Kg/ha
	boleo	<i>Lolium multiflorum</i>	20 Kg/ha
	boleo	<i>Dactilis glomerata</i>	3.3 Kg/ha
	directa	<i>Lupinus sp</i>	1 Kg/ha
Perímetro y otros	cepellón	<i>Pinus Pátula</i>	230 Und

En la tabla anterior se observa que en la sub zona dos y tres se utiliza una asociación leguminosa gramínea entre *Trifolium pratense* (trébol rojo) y *Lolium multiflorum* (ryegrass), esta asociación permite la fijación de nitrógeno en mayor cantidad. Así mismo se tuvo en cuenta que estos son pastos mejorados empleados ya en otros pasivos rehabilitados tales como Mancita, Olórtegui, San Agustín, en los cuales han dado excelentes resultados en las zonas instauradas, (Santa María, com pers) además de ser especies prioritarias por los comuneros de la zona para el aprovechamiento del ganado como fuente alimenticia. Otra de las especies sembradas en el área fue *Dactylis glomerata* (Dactylis) y *Lupinus sp* (tarwy), en este caso esta especie se considera fitoremediadora para la absorción del Al, debido a que en el análisis de suelo se reporta valores elevados de este elemento para la sub zona tres.

En la sub zona dos se siguió la misma asociación, además se tomó en cuenta la implementación de un logo a base de especies ornamentales a manera de relleno considerando para ello la insignia de la empresa ejecutora (figura 20), utilizando 340 esquejes de *Stachis lanata* (oreja de conejo) y 200 esquejes de

Chrysanthemum leucanthemum (Margarita); para el fondo del logo se sembró *Trifolium repens* (trébol blanco).



Figura 20.- Representación del logo de la Empresa CMC Colquirrumi con especies ornamentales.

Como la sub zona uno presenta la menor pendiente del área, y limita con la vegetación natural propia de la zona, en esta parte del pasivo se realizó la siembra de *Polylepis racemosa*, contando con un total de 144 esquejes de la misma. Es importante señalar que esta especie fue seleccionada por ser propia de la zona, además de poseer raíces adventicias ya que una especie con raíz pivotante pudiera no desarrollarse por la presencia de metales pesados existentes en las capas inferiores de la zona. Además de acuerdo con la Lista Oficial de Especies de Flora y Fauna Amenazada en Perú (Resolución Ministerial N° 101710-77-AG/DGFF), es una especie categorizada en vía de extinción, y considerada como vulnerable en la Lista de Unión Internacional para Conservación de la Naturaleza.

También se establecieron 230 cepellones de *Pinus pátula*, los cuales fueron distribuidos en el perímetro del pasivo y entre el acceso a la sub zona dos.

En las figuras 16 y 17, se muestra una vista del pasivo ambiental de febrero 2005, y una vista actual del pasivo una vez realizada la revegetación como una de las etapas de la restauración ecológica.



Figura 21.- Vista inicial 2005



Figura 22.- Vista febrero 2010

En la figura 23, se observa el porcentaje de supervivencia de las especies forestales tanto para las barreras vivas, la plantación y las incluidas en el perímetro del pasivo, donde se aprecia un 83 % de supervivencia para el caso de las especies establecidas como barreras vivas, este porcentaje pudiera deberse a un estrés abiótico que sufrieron las mismas causado por encharcamiento de agua ácida. En el caso de las especies incluidas en la plantación y en el perímetro no se han reportado fallas.

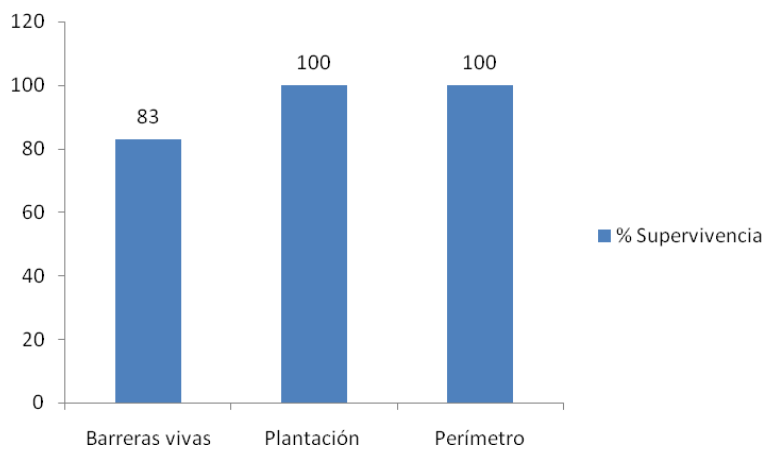


Figura 23.- Porcentaje de supervivencia.

La dinámica de crecimiento es el aumento de la población en el tiempo, descontando la mortalidad, a causa de las diversas formas de crecimiento, los elementos florísticos tienden a una organización vertical en tres estratos definidos: herbáceo, arbustivo y arbóreo (Gómez *et al*, 2009) La figura 24, muestra la dinámica de crecimiento en altura desde el momento de la siembra y plantación hasta después de tres meses de establecida, reflejando diferencias significativas a partir del segundo mes, lo cual está dado porque al inicio parte de estas especies que representan las herbáceas no habían germinado debido a la escasez de lluvias en ese período. En el caso de las arbóreas se nota un ligero crecimiento en el período evaluado.

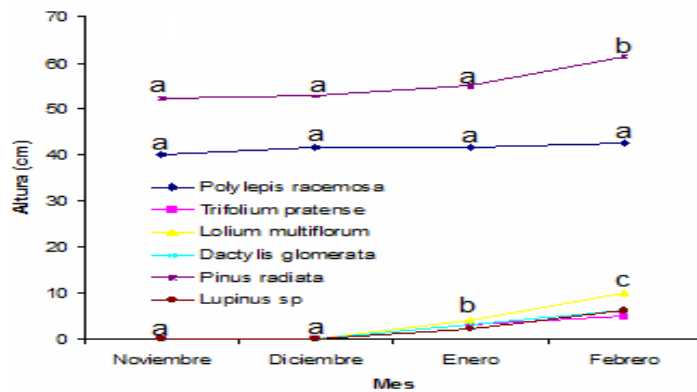


Figura 24.- Dinámica de crecimiento en altura para las especies.

La figura 25 muestra un esquema hipotético de un escenario deseado del pasivo dentro de algunos años.



Figura 25. Esquema hipotético del pasivo

Propuesta metodológica para la rehabilitación de áreas degradadas por la actividad minera.

La restauración de ecosistemas degradados es una técnica de conservación naciente, que en muchos lugares aún se desconoce o no se aplica, pero que cada día gana más terreno en el ámbito de la conservación.

La minería, como consecuencia de la eliminación de la capa vegetal del suelo, excavación, y producción de desechos tóxicos y otros contaminantes, produce grandes afectaciones a los ecosistemas. Estos daños, en ocasiones impiden que estos lugares puedan ser objeto de restauraciones y que la solución para recuperarlos sea únicamente la rehabilitación, valorándola como una fase clave para una restauración.

A continuación se presenta un esquema de la propuesta metodológica para la rehabilitación de áreas afectadas por la actividad minera (figura 25), como parte de las actividades de conservación en estas zonas, basado en las metodologías adoptadas por Matos (2008) y MEM de Perú (2006), para la restauración ecológica. La misma consta de cuatro etapas:

Primera etapa: Diagnóstico.

En esta etapa se recopila toda la información sobre el deterioro del área, factores físico-geográficos, zonas de vida y formaciones geológicas, se llevan a cabo estudio de las diferentes variables ambientales (suelo, clima y vegetación) y se evalúa el estado actual. Después de realizar un diagnóstico del área es muy importante definir los objetivos de la rehabilitación.

Segunda etapa: Responsabilidad social corporativa.

Es donde se garantiza la participación comunitaria, a partir del desempeño responsable de las empresas con la sociedad y el medio ambiente, de forma tal que se involucre a los comunitarios para garantizar la aceptabilidad que tendrá el programa de rehabilitación en función del entorno socioeconómico que prevalezca en la zona, con especial atención en las aspiraciones propias de la comunidad en

término del futuro que deseen, ya que la rehabilitación es una actividad a largo plazo y por consiguiente quienes deben garantizar la continuidad de los proyectos son las comunidades locales, con el apoyo de las organizaciones sociales, económicas y culturales.

Tercera etapa: **La rehabilitación.**

En esta etapa es donde se tiene en cuenta la identificación de barreras para el desarrollo de esta actividad, la propuesta y ejecución de acciones para la rehabilitación, que incluye la estabilidad física, hidrológica y la revegetación, donde se deben seleccionar las especies a plantar, las cuales dependen de las condiciones presentes en el área, además se recomienda el uso de especies de rápido crecimiento, alta producción de biomasa, fijadoras de nitrógeno, y ecológicamente flexible a las condiciones ambientales, de forma tal que se reduzca al máximo el tiempo de recuperación. Además debe de considerarse los tratamientos que debe darse al suelo antes de la revegetación. Cabe destacar la importancia de las técnicas de conservación de suelos que debe de emplearse en cada caso.

Cuarta etapa: **Monitoreo y evaluación.**

En esta se debe elaborar un programa de seguimiento de los diferentes eventos presentes en la recuperación del área y además se identifican los elementos claves (suelo, agua y bosque), así como los indicadores del monitoreo.

Quinta etapa: **Elaboración de un programa de capacitación y educación ambiental.**

Se planifican acciones para la capacitación de las comunidades campesinas y el personal de las diferentes instituciones, además se elabora un programa de educación ambiental.

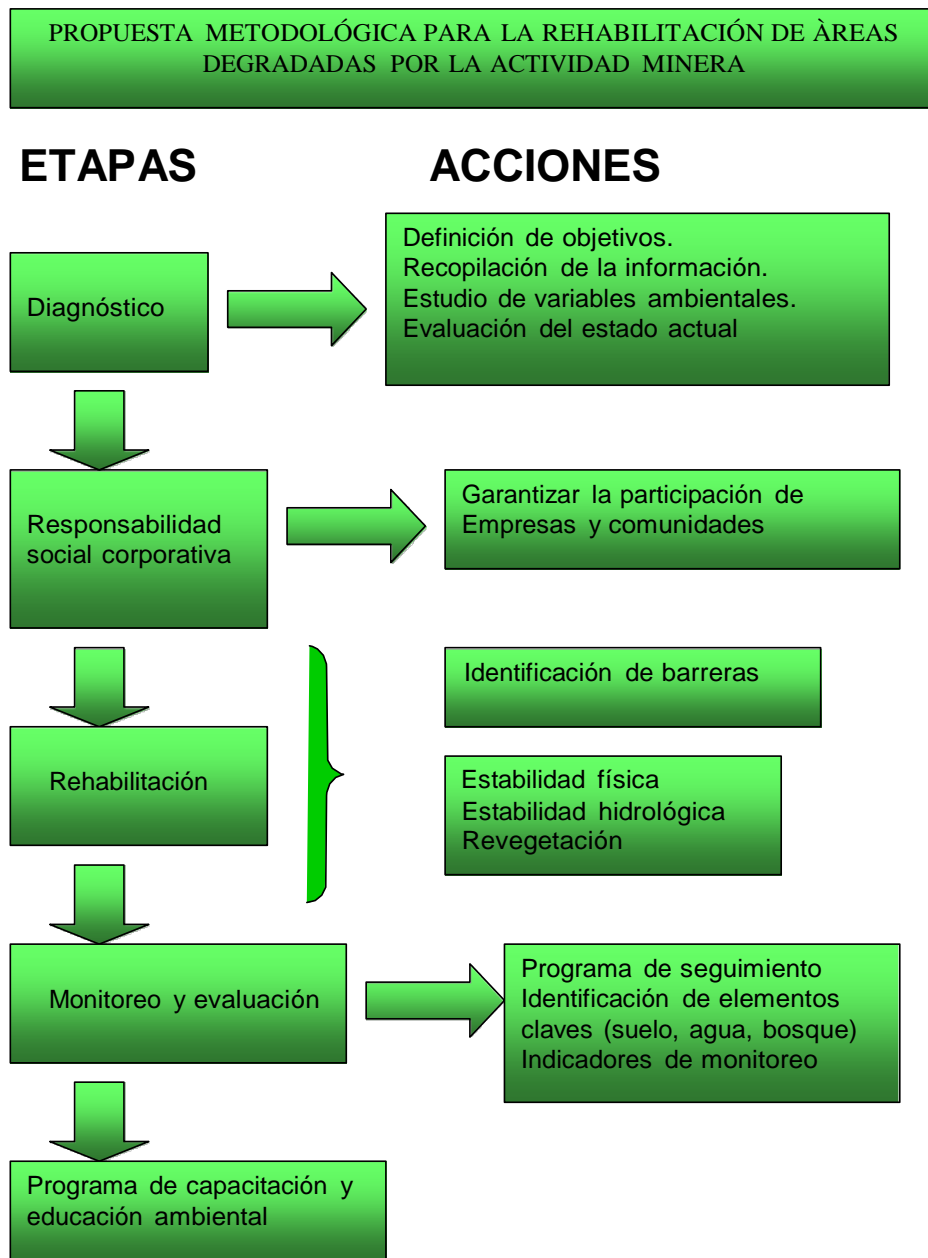


Figura 25. Esquema de propuesta metodológica para la rehabilitación de áreas degradadas por la actividad minera.

Conclusiones.

- Las comunidades implicadas en la Desmontera Lola 33, han apreciado un cambio notable del paisaje, mostrando un alto nivel de concientización, pero a la vez, una baja sensibilización ante la rehabilitación de los pasivos mineros.
- La mayoría de los comunitarios y grupos de interés consideran poco importante la incorporación de arboles a los trabajos de revegetación, indicando los pastos como los principales, sin embargo, un número significativo de los técnicos de los diferentes grupos de interés lo perciben como muy importante.
- Se aprecian bajos niveles de abundancia, con una divergencia significativa, lo cual indica que la composición de especies es muy diferente en las zonas aledañas al pasivo ambiental y las asociaciones florísticas se deben a las características del suelo y a sus horizontes.
- Las características edáficas indican que los suelos son ácidos y pobres en contenidos nutricionales, resultando la sub zona Lola 3 la de mayores diferencias en cuanto a las propiedades físicas y químicas.
- Las especies utilizadas en la revegetación mostraron un comportamiento irregular, determinado por el retraso en la germinación de las especies herbáceas, y un ligero crecimiento de las arbóreas.

Recomendaciones

- Presentar los resultados sobre la situación actual de los pasivos ambientales al Ministerio del Ambiente y al Ministerio de Energía y Minas, con vistas a que se tomen medidas al respecto.
- Continuar con el programa de monitoreo y evaluación de la vegetación establecida en el pasivo ambiental por un período más avanzado de desarrollo de las especies.
- Realizar un estudio más profundo en los suelos adyacentes para determinar rangos de elementos contaminantes, así como especies fitoremediadoras.
- Implementar y generalizar la propuesta metodológica para la rehabilitación de los pasivos ambientales mineros.

BIBLIOGRAFÍA.

- ADEFOR. 2006. Restauración de áreas alteradas por la minería a cielo abierto Asociación Civil para la Investigación y el Desarrollo Forestal – ADEFOR
- Álvarez J, Ruiz A. 1995. Dasometría: Introducción a las Técnicas de Modelización Forestal. Madrid, España, Unicopia. 83 p.
- Baena, M., Larillo S. y Montoya J.E. 2003. Material de apoyo a la capacitación en Conservación in situ de la diversidad vegetal en áreas protegidas y fincas. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI). Material producido con el apoyo del Instituto Nacional de Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentación de España (INIA). p 20
- Baev P.V. y. Penev L.D. 1995. *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Versión 5.1. Pensoft, Sofia Moscow, 57 pp.*
- Bayón P 2004. *Educación Ambiental y participación social en la gestión sostenible de la Sociedad. Presentación Panel “El medio ambiente: una responsabilidad de hoy con el futuro”. II Conferencia Internacional La Obra de Carlos Marx y los Desafíos del Siglo XXI (CR-rom), La Habana, mayo/2004.*
- Bernhard D., Wade C., Fontboté L. 2009. [Water management for acid mine drainage control at the polymetallic Zn–Pb–\(Ag–Bi–Cu\) deposit Cerro de Pasco, Peru](#). Journal of Geochemical Exploration, Volume 100, Issues 2-3, 133-141pp.
- Betancourt, F.I. y Villalba, M.J. 2004. La Formación de los Recursos Humanos Forestales en Cuba. Revista Forestal Baracoa. Vol. 1 (1). Número Especial en Saludo al III Congreso Forestal de Cuba. Instituto de Investigaciones Forestales. Ciudad de La Habana, Cuba

Bibliografía

- Bonet, A. 2002. Gestión de Espacios protegidos. Universidad de Alicante. Departamento de Ecología. Materiales docentes. Alicante. España. 261pp
- Brack A. 2009. Entrevista para el Diario El Comercio, del 31 de julio de 2009
- Brack, A. 1986. Ecología de un país complejo. En: Manfer-Juan Mejía Baca. (ed.). Gran Geografía del Perú, Naturaleza y Hombre. Vol. II: 177-314. Talleres Gráficos Soler S.A., Espulgues de Llobregat, Barcelona, España.
- Bradshaw, A.D., 1983. *The reconstruction of ecosystems. Journal of applied Ecology.* 20:1-17pp.
- Bradshaw, A.D.1987. *The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems in W.R. Jordan. M.E.Gilpin and J.D.Aber, editors. Restoration ecology. Cambridge University Press, Cambridge England. ..53-74 Pp*
- Cairo, P., Fundora O. 2007: *Edafología, primera parte, cuarta edición, Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba, 265pp*
- Carrick P.J., Krüger R. 2007. [Restoring degraded landscapes in lowland Namaqualand: Lessons from the mining experience and from regional ecological dynamics](#). *Journal of Arid Environments*, Volume 70, Issue 4, 767-781pp.
- Castro S.H., Sánchez M. 2003. [Environmental viewpoint on small-scale copper, gold and silver mining in Chile](#). *Journal of Cleaner Production*, Volume 11, Issue 2, 207-213pp.
- CEPAL. 2006. Tendencias y desafíos en temas de contaminación del aire para América Latina y el Caribe, presentación de Daniela Simioni en Regional Implementation Forum on Sustainable Development, 19-20 enero.

Bibliografía

- CESEL Ingenieros. 2005. Plan de cierre de la Unidad Minera Colquirrumi de la primera fase del 1 Noviembre. Sin publicar.
- Chaparro E. 2006. Desarrollo más allá del ciclo minero y cierre de minas: División de Recursos Naturales e Infraestructura Arequipa.
- Chen, S.B., Zhu, Y.G., y Ma Y. B. 2006. The effect of grain size of rock phosphate amendment on metal immobilization in contaminated soils. *Journal of Hazardous Materials*, 134 (1-3): 74-79pp.
- Colwell, R.K. 1997. Estimates: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 5. Departament of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut, U.S.A. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. Consultado febrero 2010.
- Compañía de Minas buenaventura, 2006 Manual de restauración de suelos Compañías de Minas Buenaventura.
- Cooke JA. Johnson MS. 2002. Ecological restoration of land with particular reference to the mining of metals and industrial minerals: A review of theory and practice. *Env. Rev.* 10: 41-71pp.
- Cuenca G.Z., De Andrade M., Escalante G. 1998a. Diversity of Glomalean spores from natural, disturbed and revegetated communities growing on nutrient-poor tropical soils. *Soil Biol. Biochem.* 30: 711-719pp. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.pe/> - consultado mayo 2010. ISSN 1561-0888.
- Dobson A., Bradshaw A.D., Baker A.J. 1997. Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Science* 277: 515-522.p
- FAO. 1997. Directrices para la Ordenación de los Bosques Tropicales. Producción de madera. Montes. 135. Roma. Italia. 330 p.
- Fernández R., Loredó J., Ordóñez A., Isabel M. 2005. [Distribution and mobility of mercury in soils from an old mining area in Mieres.](#)

Science of The Total Environment, Volume 346, Issues 1-3, Asturias (Spain) 200-212pp.

- Fernández R., Loredó J., Ordóñez A., Isabel M. 2006. [Physicochemical characterization and mercury speciation of particle-size soil fractions from an abandoned mining area in Mieres.](#) Environmental Pollution, Volume 142, Issue 2, Asturias (Spain), 217-226pp.
- Fernández, C. 2005 y 2006, Estimación de posibles impactos ambientales de las restauraciones de la cubierta vegetal.– Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Madrid, 39 pp.
- Frers C. 2006. Los problemas de la contaminación ambiental y humana Tortuga Cof Contaminada. Disponible en: <http://www.eco21.com.ar/Article716.htm>. Consultada agosto de 2009.
- Gann, G.D., y Lamb, D. 2006. La restauración ecológica: un medio para conservar la biodiversidad y mantener los medios de vida (versión 1.1). Society for Ecological Restoration (SER) International, Tucson, Arizona, EE.UU. y IUCN, Gland, Suiza.
- García C., Riverón A., Carménate J.A., Rodríguez R. *Buenas prácticas y aplicación de medidas correctoras en áreas afectadas por actividades minero-metalúrgicas.*
- García, Q.Y. 2006. Estrategia para la conservación intraespecífica de *Pinus caribaea Morelet var caribaea*, *Boret* y *golfari*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas. Proyecto de cooperación de formación doctoral Universidad de Pinar del Río / Universidad de Alicante. Cuba/España. Pinar del Río. Cuba.
- Gayoso, J. 2002. Mejores prácticas para un manejo forestal sustentable. Programa producción forestal y medio ambiente. Universidad Austral de Chile.

Bibliografía

- Gómez P., Hahn S. y San Martín J. 2009. Estructura y composición florística de un matorral bajo plantaciones de *Pinus radiata* d.don en Chile central. *Gayana Bot.* vol.66, n.2. 256-268pp. Disponible en: <http://www.scielo.cl>. ISSN 0717-6643. Consultado febrero 2010.
- Granholm H., Vahnen T.; Sahlberg S. 1996 Intergovernmental Seminar on Criteria and Indicators for Sustainable Forest Manager. Background document.
- Guadalupe, E. G y Carrillo H, Norma E. 2008. El paradigma de la educación ambiental y los conflictos sociales en minería. *Rev. Inst. investig. Fac. minas metal cienc. Geogr.* Vol.11, no.22, 82-88 p.
- Guevara S, Boanergues R, Briceño C, Tovar L. 1992 Proyecto de Recuperación de Áreas Degradadas del Proyecto Hidroeléctrico Caruachi. Edelca, Corporación Venezolana de Guayana. Puerto Ordaz, Venezuela. 120 pp.
- Guevara S., Laborde J. & Sánchez G. 2004b. *Rain forest regeneration beneath the canopy of fig trees isolated in pastures of Los Tuxtlas, México. Biotropica*, 36, 99-108pp.
- Guevara S., Laborde J. & Sánchez G. 2005. *Los árboles que la selva dejó atrás. Interciencia* 10, 595-601pp.
- Guevara, R., Rosales, J. y Sanoja, E. 2005. Vegetación pionera sobre rocas, un potencial biológico para la revegetación de áreas degradadas por la minería de hierro. *INCI*, vol.30, no.10 p.644-651. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/>. ISSN 0378-1844. Consultado mayo 2010,
- Hernández A., Díaz I., Barreiro L. 2004. Marketing en Cuba: Dónde nos encontramos. Folletos Gerenciales. Año VIII. Nro. 11. Centro de Estudios de Técnicas de Dirección. Universidad de La Habana. Cuba.

Bibliografía

- Herrera M, García M. 1995. Programa de Cooperación Sur-Sur para el Desarrollo Socioeconómico Ambientalmente Adecuado en los Trópicos Húmedos Documentos de Trabajo. No 10 (1995) La Reserva de la biosfera Sierra del Rosario. Cuba.
- Herrera M. | García m. 1995. Programa de cooperación sur-sur para el desarrollo socioeconómico ambientalmente adecuado en los trópicos húmedos documentos de trabajo,1995 la reserva de la biosfera sierra del rosario.
- Hürkamp K., Raab T., Völkel J. 2009. [Two and three-dimensional quantification of lead contamination in alluvial soils of a historic mining area using field portable X-ray fluorescence \(FPXRF\) analysis.](#) Geomorphology, Volume 110, Issues 1-2, 28-36pp.
- Industria Minero Metalúrgica del Ministerio de Energía y Minas de Perú 2006. Guía ambiental para vegetación de áreas.
- INGETEC S.A. 2003. *Informe Final de Auditoría y Evaluación Ambiental.*
- Jaula J. A. 2010. Conferencia personal.
- Jonson M.S., Bradshaw, A.D. 1979. *Principies for the restoration of disturbed and degraded land. Appl. Biol. 4:141-200p.*
- Ley N° 28271: sobre la regulación de los pasivos ambientales de la actividad minera Disponible en
- Lista Oficial de Especies de Flora y Fauna Amenazada en Perú (Resolución Ministerial N° 101710-77-AG/DGFF).
- Lovera M., Cuenca G. 1996. Arbuscular mycorrhizal infection in Cyperaceae and Gramineae from natural, disturbed and restored savannas in La Gran Sabana, Venezuela. Mycorrhiza 6: 111-118pp.
- Machado A. 2001. Revista de Medio Ambiente *Presidente del European Centre for Nature Conservation (ECNC)* Restauración ecológica: una introducción al concepto (I) Revista 21. Disponible en

Comment [Ala1]: maria

<http://www.gobcan.es/cmayerot/medioambiente/centrodocumentacion/publicaciones/revista/2001/21/270/> Consultado febrero 2010.

- Macías, F. 1993. Contaminación de suelos: algunos hechos y perspectivas. En: Ortiz Silla, R., (Ed.), Problemática Geoambiental y Desarrollo, Tomo I, pp. 53-74. V Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Murcia.
- Macías, F. 1996. Los suelos de mina: Su recuperación. En: Aguilar, J., Martínez, A. y Roca, A., (Eds.), Evaluación y Manejo de Suelos, pp. 227-243p.
- Maestre F.T., Bautista S., Cortina J., Bellot J. 2001. Potential for using facilitation grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. Ecol. Applic. 11: 1641-1655pp.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Matos J. 2008. Propuesta metodológica para llevar a cabo la restauración de ecosistemas degradados.
- MEM 2006. *Guía Ambiental para Vegetación de Áreas Disturbadas por la Industria Minero Metalúrgica*.
- Mesén, F. 2003. Estado de los Recursos Genéticos Forestales en América Central, Cuba y México, y Plan de Acción Regional para su Conservación y Uso Sostenible. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/52S Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. (*Inédito*).
<http://www.fao.org/forestry/fgr> (Consultado Enero 2008)
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Secretaria Nacional de Minería de Bolivia. 1996. Proyecto Piloto Oruro, Environmental Aspects Of Metals And Metalloids In The Desaguadero Hydrologic System, Swedish Geological, SGAB International, Environmental Services.

Bibliografía

- Ministerio de Educación Perú 2009: Fenómenos y Problemas Ambientales. Disponible en http://ciberdocencia.gob.pe/index.php?id=1280&a=articulo_completo. Consultado marzo 2010.
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.*
- Morláns M.C. 2007. *Factores de Impacto II. Editorial Científica Universitaria. Universidad Nacional de Catamarca. ISSN: 1852-3013. Disponible en www.editorial.unca.edu.ar/.../pdf/003-factores-de-impacto-2.pdf*. Consultado febrero 2010.
- Muñoz A, de Lourdes R, Honorio S, Huerta M .2006. Vegetación secundaria como un potencial biológico para la revegetación de áreas degradadas por la minería a cielo abierto en la zona de amortiguamiento del bosque La Primavera. Avances en la Investigación Científica en el CUCBA Disponible en : www.accessmylibrary.com/.../vegetacin-pionera-sobre-rocas.htm.k. consultada diciembre 2009.
- Namkoong, G.; Wadsworth, F.H. 1995. Conservación de los recursos genéticos en la ordenación de los bosques tropicales. Principios y conceptos. FAO. Roma. Italia. 101 p
- Newbold J. 2006. [Chile's environmental momentum: ISO 14001 and the large-scale mining industry – Case studies from the state and private sector](#). *Journal of Cleaner Production, Volume 14, Issues 3-4, 248-261pp*
- Notario A. 1999. Apuntes sobre metodología de la investigación científica. Pinar del Río. (Inédito).

Bibliografía

- OIMT. 2006. **Estado de la ordenación de los Bosques tropicales. 2005.** Informe de síntesis. Revista Actualidad Forestal Tropical. N° 1. Edición especial. OIMT. p 4.
- Pearce, D. y D, Moran. 1994. The economic value of biodiversity. IUCN. The World Conservation Union. Earthstar Publications. Ltd. Londres. 172 pp.
- **Pedroza R. Álvaro, 2007.** Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Tercera edición. Instituto tecnológico Geominero de España.
- *Peet R.K. 1975. Relative diversity indices. Ecology, 56: 496-498.*
- *Pineda, E. 1999. Avances en Evaluación de Impacto Ambiental y Eco Auditoría. Editorial Trotta S.A. Madrid – España.*
- Principios de *SER International* sobre la restauración ecológica *SER (Society for Ecological Restoration International – Sociedad internacional para la restauración ecológica)* Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (octubre de 2004) disponible en : <http://www.ser.org/content/spanishprimer.asp>. Consultado febrero 2010.
- Ribeiro R.R., Venâncio M.S., de Barros L.C. 2004. [Tropical Rain Forest regeneration in an area degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil](#). Forest Ecology and Management, Volume 190, Issues 2-3, 22 323-333pp.
- Ríos J. 2008. Recuperación de áreas degradadas por actividad minera aurífera en Huepetue–Madre de Dios Disponible en <http://www.sustainablealternatives.net/cases.cfm?caseid=2609>. Consultado febrero 2010.

Bibliografía

- Ríos, H.F. 2005. Guía Técnica para la restauración Ecológica de áreas afectadas por extracción de recursos mineros, Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente, Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Rivas V., Cendrero A., Hurtado M., Cabral M., Giménez J., Forte L., del Río L., Cantú M., Becker A. 2006. [Geomorphic consequences of urban development and mining act; an analysis of study areas in Spain and Argentina](#). *Geomorphology*, Volume 73, Issues 3-4, 185-206pp.
- Rodríguez F. 2009. Conferencia personal.
- Rodríguez R. y García A. 2006. *Los residuos minero metalúrgicos en el medio ambiente. Instituto geológico y minero de España Madrid. ISBN 84-7840-656-5.*
- Rosales J., Cuenca G, Ramírez N, De Andrade Z.1997. Native colonizing species and degraded land restoration in La Gran Sabana, Venezuela. *Restorat. Ecol.* 5: 147-155pp
- Santa María J. 2009. Conferencia personal.
- Sánchez-V.J., Dillon M.O. 2006. Botánica. Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés; La Paz, Escuela de Postgrado, Herbario CPUN, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú, 77-90p
- Secretaría Nacional de Medio Ambiente y Ministerio de Minería Metalurgia de Bolivia. 1993, Documento borrador.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2008. Opportunities for Integrating Ecological Restoration & Biological Conservation within the Ecosystem Approach. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International. Disponible en: https://www.ser.org/pdf/SER_Briefing_Note_May_2008.pdf. Consultado febrero 2010.

Bibliografía

- Stanley J, Buxton R, Alspach P, Morgan C, Martindale D, Sarosa W. 2000. A Different Approach to High Altitude Revegetation: Establishing Mosses on the Grasberg Overburden, Irian Jaya. Proc. High Altitude Revegetation Workshop N° 14: 238-242pp.
- Strohmayer, P. (1999) Soil Stockpiling for Reclamation and Restoration activities after Mining and Construction. Restoration and Reclamation Review. Student On-Line Journal (Hort 5015/5071). University of Minnesota, St. Paul, Minnesota (USA), Department of Horticultural Science.
<http://www.hort.agri.umn.edu/h5101/99papers/strohmayer.htm>.
Consultado enero 2010.
- Terradas, J. 2001. Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisaje. Barcelona, Ediciones Omega. 703 pp
- Tilman, D., Lehman C.L y Bristow C.E. 1998. *Diversity-stability relationships: statistical inevitability or ecological consequence*. *American Naturalist* 151:277-282.pp
- Truong P. 1999. (Boletín Vetiver, Publicación divulgativa de la Red Latinoamericana del Vetiver). Tecnología del pasto Vetiver para la rehabilitación de minas
- Vallejo, R. (ed.), 1997. Restauración de cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana.-Valencia: Fundación Centro de Estudios Ambientales Mediterráneos.
- Vargas O. 2007. Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino, Cundinamarca de Cagua, Universidad Nacional de Colombia. Colciencias.
- Vidal J. 1981. Geografía del Perú, Las Ocho Regiones Naturales del Perú. Editorial Universo S.A., Lima, Perú. 313 p.

Bibliografía

- Vilches A., Gil P.D., Toscano J.C. Y Macías O. 2009. Contaminación sin fronteras. Disponible en: <http://www.oei.es/decada/accion005.htm>. Consultado febrero 2010.

www.fonamperu.org/general/pasivos/documentos/ley_pam.pdf
Consultado enero 2010.
www.minem.gob.pe/descripcion.php?idSector=1...1361. Consultado febrero 2010.
- Yupari A. 2003. Pasivos Ambientales Mineros en Sudamérica. Disponible en: <http://www.eclac.org/dnri/noticias/seminarios/>. Consultado: marzo de 2010. 6p.
- 1 www.fonamperu.org/general/.../bienvenida.php
- 2 www.lombriculturaysustentabilidad.com/.

Anexo. 1

CUESTIONARIO

Objetivo: Conocer las principales especies que formaron el antiguo ecosistema, y las preferencias de especies que los pobladores desean que se estableciese en el pasivo ambiental.

Edad: _____ Sexo: _____

1. ¿Cuánto tiempo hace que vive usted en la zona?
____ Menos de 10 años ____ Entre 10 y 30 años ____ Más de 30 años
2. ¿En qué medida cree usted que ha cambiado el paisaje en los lugares donde existían las minas?
Medio _____
En alguna medida _____
No ha cambiado _____
3. ¿Podría mencionarnos las plantas que existieron en las zonas de las minas antes de que estas empezaran a trabajar?
4. ¿Quisiera que las áreas de los pasivos fueran recuperadas nuevamente con plantas?
Si ____ No ____ No me interesa ese tema ____
5. ¿Participaría usted en los trabajos de recuperación en las áreas de las minas?
Si y de forma voluntaria ____ Si pero con remuneración ____ No ____ No me interesa ese tema ____
6. ¿Qué plantas usted sembraría en estas áreas?

Anexo 2.

CUESTIONARIO

Objetivo: Conocer la actitud de responsabilidad de los diferentes grupos de interés hacia la problemática.

Nivel de instrucción _____

Años de experiencia en el trabajo _____

Organización a la que representa _____

1¿Considera usted que las actividades de minería realizadas en la zona de Hualgayoc, ha afectado el paisaje los diferentes ecosistemas?

_____Mucho _____Poco _____Nada

2¿Cree que es necesario el desarrollo de acciones que permitan la rehabilitación de los pasivos ambientales mineros?

Muy necesario

Necesario _____

Poco necesario _____

Nada necesario _____

3. Organice en orden descendente del 1 al 6, las instituciones con mayor responsabilidad en la rehabilitación de los pasivos ambientales de la actividad minera.

Instituciones privadas ()

Instituciones públicas ()

Las ONGs ()

Organizaciones sociales y culturales ()

Organizaciones territoriales ()

Organizaciones políticas ()

4. ¿Considera usted importante incorporar vegetación arbórea en las acciones de revegetación de los pasivos?

Muy importante _____

Importante _____

Poco importante _____

Nada importante _____

5. ¿Considera que la institución en la que usted trabaja pudiera participar en las acciones de rehabilitación de los pasivos ambientales mineros?

6. Mencione las 3 acciones fundamentales usted considera de mayor importancia para la rehabilitación de los pasivos ambientales mineros.

